1000-VA-Prozessornetzteil SPS 9540

Allgemeines und Funktionen

Das SPS 9540 ist ein absolutes Spitzengerät im Bereich der Stromversorgungen und vereint hohe Dauer-Ausgangsleistung mit ausgezeichnetem Bedienkomfort. Ein weiteres wichtiges Leistungsmerkmal ist der hohe Wirkungsgrad des primär getakteten Gerätes.

Eine präzise einstellbare Ausgangsspannung zwischen 0 und 40 V bei max. 25-A-Ausgangsstrom (1000-W-Ausgangsleistung!) sind zunächst die beeindruckenden Eckdaten des SPS 9540. Doch auch im Bereich des Bedienkomforts hat das in einem hochwertigen Metallgehäuse untergebrachte Gerät einiges zu bieten.

So kann die Spannungs-, Strom- und Leistungseinstellung wahlweise durch eine direkte Tastatureingabe oder mit Hilfe eines Incrementalgebers (Drehimpulsgeber) erfolgen. Die Auflösung des Incrementalgebers ist einstellbar, sodass auch eine stufenweise Veränderung der gewünschten Parameter (z. B. Spannung in 0,1-V-Schritten auf- oder abwärts) möglich ist.

Ein großflächiges, hinterleuchtetes LC-Display zeigt alle wichtigen Parameter des SPS 9540 gleichzeitig an. Neben den Istwerten für Spannung, Strom und Leistung sind auch die Grenzwerte direkt abzulesen. Des Weiteren werden alle wichtigen Statusinformationen und welcher Regler gerade aktiv ist (U, I oder P) direkt angezeigt.

Die Spannungsvorgabe des SPS 9540 kann in 10-mV-Schritten und die Stromvorgabe mit 10-mA-Auslösung erfolgen.

Für die Abspeicherung von max. 9 kompletten individuellen Geräteeinstellungen ist ein Speicher integriert, der selbstverständlich auch bei Netzausfall und beim ausgeschalteten Gerät die Daten nicht verliert. Des Weiteren sorgt eine Backup-Funktion dafür, dass das Gerät nach einem Spannungsausfall bzw. nach dem Aus- und wieder Einschalten mit den zuletzt gewählten Einstellungen aktiviert wird. Das primär getaktete Schaltungskonzept des SPS 9540 bietet gerade bei Leistungsnetzgeräten erhebliche Vorteile, da auf den Einbau eines schweren und voluminösen Netztransformators verzichtet werden kann. Statt dessen wird ein Übertrager aus Ferritwerkstoffen eingesetzt, der bei den hohen Schaltfrequenzen mit wesentlich weniger Platz auskommt.

Der größte Vorteil eines getakteten Netzteils ist der hohe Wirkungsgrad (> 80 %), der besonders bei Abgabespannungen im unteren Einstellbereich und gleichzeitig hohen Ausgangsströmen zum Tragen kommt. Linear geregelte Netzteile setzen unter diesen Bedingungen den größten Teil der Leistung in Abwärme um.

Selbst bei Dauer-Volllastbetrieb wird das SPS 9540 nur gerade eben warm. Für die erforderliche Kühlung der Leistungsstufen sorgen Lüfteraggregate mit leise laufenden, elektronisch geregelten Lüftern.

Die sinusförmige Stromaufnahme aus dem 230-V-Wechselspannungsnetz wird beim SPS 9540 durch eine eingebaute Power-Faktor-Korrektur (PFC) sichergestellt.

Auch in Bezug auf Restwelligkeit und

Technische Daten: SPS 9540

Ausgangsspannung:	0 – 40 V
Ausgangsstrom:	0 – 25 A
Ausgangsleistung:	1000 VA
Mikroprozessorsteuerung:	für alle Bedienfunktionen
Anzeige:	großflächiges LC-Display mit Hinterleuchtung zur gleichzeitigen Anzeige von Spannung, Strom und Leistung mit dazugehörigen Grenzwerten und Statusinformationen
Einstellungen:	wahlweise per Tastatur oder mit Incrementalgeber
Speicher:	9 komplette, individuelle Geräteeinstellungen speicherbar
PC-Schnittstelle:	RS 232, galvanisch getrennt
Schaltungsprinzip:	Primär getaktet
Wirkungsgrad:	> 80 % (bei Volllast)
Abmessungen (B x H x T):	448 x 110,5 x 354,3 mm

- Powerfaktor-Korrektur (PFC) für sinusförmige Stromaufnahme aus dem Netz
- Hochwertiges Metallgehäuse
- Elektronische Temperatur-Sicherung

Störanteile erreicht das SPS 9540 ausgezeichnete Werte.

Ein großflächiges, hinterleuchtetes LC-Display zeigt alle wichtigen Parameter des SPS 9540 gleichzeitig an. Neben den Ist-Werten für Spannung, Strom und Leistung sind auch die Grenzwerte direkt abzulesen. Des Weiteren werden alle wichtigen Statusinformationen und welcher Regler gerade aktiv ist (U, I oder P) direkt angezeigt. Wenn z. B. beim Betrieb als Spannungskonstanter der Ist- und der Soll-Wert für die Spannung gleich groß sind, können für den Strom und die Leistung die programmierten Grenzwerte (Limits) zusätzlich abgelesen werden. Dank Hinterleuchtung ist das große LC-Display jederzeit gut ablesbar.

Für die Abspeicherung von max. 9 kompletten individuellen Geräteeinstellungen ist ein Speicher integriert, der selbstverständlich auch bei Netzausfall und beim ausgeschalteten Gerät die Daten nicht verliert. Außerdem sorgt eine Backup-Funktion dafür, dass das Gerät nach einem Spannungsausfall bzw. nach dem Aus- und wieder Einschalten mit den zuletzt gewählten Einstellungen aktiviert wird.

Zur Kommunikation mit einem PC ist beim PS 9540 eine serielle Standard-RS-232-Schnittstelle eingebaut. Über diese Schnittstelle sind sämtliche Funktionen des SPS 9540 steuerbar. Des Weiteren können mit Hilfe einer komfortablen Windows-Software komplette Spannungs-, Strom- und Leistungsverläufe wertabhängig, zeitabhängig oder uhrzeitabhängig programmiert werden. Die Soll- und Ist-Werte sind im grafischen Verlauf darstellbar und können auch in andere Programme, wie z. B. MS-Excel, exportiert werden.

Erfolgt die Fernsteuerung des Netzgerätes über einen PC, so werden aus Sicherheitsgründen alle Tastenfunktionen am Gerät, mit Ausnahme der Remote- und der Stand-by-Taste, gesperrt. Für die Ist- und Sollwert-Verläufe (bis max. 24 h) sind beliebige Dateien anzulegen.

Selbstverständlich ist das SPS 9540 dauer-kurzschlussfest, und elektronische Temperatur-Schutzschaltungen verhindern z. B. im Fehlerfall eine Überlastung des Gerätes.

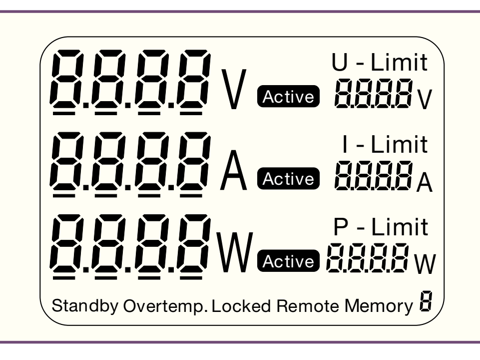


Bild 1: Display des SPS 9540 mit allen zur Verfügung stehenden Segmenten (Displaytest).

Das SPS 9540 ist besonders vorteilhaft einzusetzen, wenn hohe Ströme bei geringer Ausgangsspannung benötigt werden. Die wichtigsten technischen Daten dieses Hochleistungs-Netzgerätes sind in einer Tabelle zusammengestellt.

Bedienung

Das SPS 9540 mit großem, hinterleuchteten LC-Display zeichnet sich durch einen besonders hohen Bedienungskomfort aus. Wie die Frontansicht des Gerätes zeigt, sind zur Bedienung insgesamt 22 Taster, ein Drehimpulsgeber mit 24 Raststellungen pro Umdrehung sowie ein Netzschalter zum Ein- und Ausschalten der primärseitigen Netzspannung vorhanden.

Auf dem großflächigen Display werden alle wichtigen Daten (Sollwerte, Istwerte) sowie die Statusinformationen des Gerätes übersichtlich dargestellt. Besonders große Zeichen wurden dabei für die Istwert-Anzeigen der Spannung, des Stromes und der Leistung auf der linken Displayseite gewählt, während die Grenzwertvorgaben auf der rechten Displayseite kleiner dargestellt werden. Beim jeweils aktiven Regler, angezeigt durch ein Aktiv-Segment, sind grundsätzlich der Sollwert und der Istwert gleich groß.

Die Statusinformationen im unteren Bereich des Displays (Abbildung 1) geben Informationen über die verschiedenen Betriebszustände des Netzgerätes.

Nach dem Einschalten des SPS 9540 mit dem links unten angeordneten Netzschalter leuchtet die darüber angeordnete Power-LED. Gleichzeitig führt der Mikrocontroller einen Displaytest durch und steuert für ca. 2 Sek. alle Segmente des Displays an (Abbildung 1). Danach wird die zuletzt genutzte Gerätekonfiguration (vor dem Ausschalten) wieder übernommen.

Das Einstellen der Sollwert-Vorgaben kann sowohl mit Hilfe der Nummerntastatur (auf der rechten Frontplattenseite) als auch mit einem Drehimpulsgeber (Incrementalgeber) erfolgen. Grundsätzlich werden alle Werte 4-stellig in der Grundeinheit Volt, Ampere oder Watt vorgegeben. Die Auswahl der zu verändernden Größe erfolgt mit den rechts neben dem Display angeordneten Tasten U, I und P.

Drehimpulsgeber

Zur Einstellung der Sollwert-Vorgaben mit dem Incrementalgeber (Drehimpulsgeber) ist zuerst mit Hilfe der Tasten U, I oder P die zu verändernde Größe auszuwählen. Die zu verändernde Stelle des Vorgabewertes wird dann mit den beiden Tasten ◀ und ▶ oberhalb des Drehimpulsgebers ausgewählt, wobei die jeweils aktive Stelle durch einen Unterstrich gekennzeichnet wird. Entsprechend der gewählten Schritte erfolgt durch Drehen des Impulsgebers in die gewünschte Richtung das Verändern der Sollwert-Vorgabe. Die Übernahme der neuen Einstellung als Grenzwert wird mit der Enter-Taste vorgenommen oder erfolgt automatisch, wenn länger als 5 Sek. keine Taste mehr betätigt wird.

Nummerntastatur

Alternativ zum Drehimpulsgeber können alle Sollwert-Vorgaben auch über eine Nummerntastatur eingegeben werden. Auch dabei ist zuerst mit Hilfe der Auswahltasten U, I oder P die zu verändernde Größe auszuwählen. Die gewählte Größe wird dann direkt eingegeben, wobei die Taste „CE" die zuletzt eingegebene Ziffer löscht. Der eingegebene Zahlenwert wird mit der Taste „Enter", oder wenn länger als 10 Sek. keine Taste mehr gedrückt wurde, als neuer Grenzwert übernommen. Eine neue Eingabe wird dabei grundsätzlich auf der linken Displayseite angezeigt und erscheint als neuer Grenzwert auf der rechten Displayseite nach der Übernahme.

Speicherplätze

Beim SPS 9540 sind bis zu 9 individuelle Gerätekonfigurationen in einem nichtflüchtigen Speicher (EEPROM) zu sichern und bei Bedarf jederzeit wieder aufrufbar. Selbstverständlich bleiben die Daten auch bei ausgeschaltetem Gerät oder bei einem Spannungsausfall über Jahre erhalten. Die Auswahl des gewünschten Speicherplatzes erfolgt mit der rechts neben dem Display angeordneten Taste „Memory" und wird unten rechts in der Statuszeile des Displays angezeigt. Jede Tastenbetätigung schaltet einen Speicherplatz weiter, wobei die gespeicherten Daten für U, I und P rechts im Display erscheinen.

Nach Erreichen des letzten Speicherplatzes (8) beginnt der Vorgang von neuem, d. h. Speicherplatz 0 mit den zugehörigen Daten erscheint im Display. Mit der Taste „Enter" können die gespeicherten Sollwert-Vorgaben dann als neue Grenzwerte (Limits) übernommen werden, oder die Betätigung der Taste „CE" führt zum Abbruch des Vorganges.

Das Abspeichern von neuen Gerätekonfigurationen ist ebenfalls sehr einfach. Auch dabei wird zunächst der gewünschte Speicherplatz mit Hilfe der Memory-Taste selektiert. Um die aktuell eingestellten Vorgabewerte dann unter diesem Speicherplatz anzulegen, ist die Memory-Taste 2 Sekunden gedrückt zu halten. Der Vorgang wird automatisch abgebrochen, wenn innerhalb von 5 Sekunden keine Taste betätigt wird. Ebenfalls führt die Betätigung der Taste „CE" zum Abbruch des Vorgangs.

Tastatur-Sperre (Lock)

Um zu verhindern, dass Vorgabewerte versehentlich verändert werden, ist das Schaltnetzteil SPS 9540 mit einer Tastatur-Sperre ausgestattet. Versehentliches Verändern von Vorgabewerten kann fatale Folgen für ein angeschlossenes Gerät haben und bis zur Zerstörung führen. Durch eine kurze Betätigung der Taste „Lock" werden sämtliche Tastenfunktionen des SPS 9540, mit Ausnahme des Netzschalters, der Taste „Stand-by" und der Taste „Lock" selbst, gesperrt.

In der unteren Statuszeile des Displays wird die Tastatursperre mit dem Symbol „Lock" angezeigt. Die Tastatursperre kann wieder aufgehoben werden, wenn die „Lock"-Taste ein weiteres Mal betätigt wird.

Remote

Zum Anschluss eines Computers ist das SPS 9540 mit einer seriellen V-24-Schnittstelle ausgestattet, über die sämtliche Funktionen automatisch steuerbar sind. Die Schnittstelle steht an einer 9-poligen Sub-D-Buchse auf der Geräterückseite zur Verfügung und kann mit Hilfe der Taste „Remote", rechts oben neben dem Display, freigegeben werden. Bei freigegebener Schnittstelle erscheint in der Statuszeile des LC-Displays dann das Remote-Symbol, und das Gerät ist bereit, die empfangenen Befehle zu verarbeiten.

Die Schnittstelle wird durch einen erneuten Tastendruck der „Remote"-Taste wieder gesperrt.

Stand-by

Mit der „Stand-by"-Taste links neben den Ausgangsbuchsen kann der Ausgang des Netzgerätes deaktiviert werden. An den Ausgangs-Polklemmen liegt dann keine Spannung mehr an und es fließt auch kein Strom mehr. Diese Funktion ist sehr praktisch, wenn an einem angeschlossenen Gerät gearbeitet wird, da zum Abschalten keine Sollwert-Veränderungen erforderlich sind.

Der „Stand-by"-Mode wird in der Statuszeile des Displays mit dem „Stand-by"-Symbol markiert. Ein weiterer Tastendruck auf die „Stand-by"-Taste hebt diesen Betriebszustand wieder auf.

Blockschaltbild

Das in Abbildung 2 vereinfacht dargestellte Blockschaltbild verschafft einen ersten Überblick über die Funktionsweise des SPS 9540. Das Zusammenwirken der verschiedenen digitalen und analogen Schaltungsteile kann so anschaulich erläutert werden.

Während im oberen Bereich des Blockschaltbildes in erster Linie der Mikrocontroller mit den zugehörigen Peripherie-Baugruppen zu sehen ist, zeigt der untere Bereich die prinzipielle Funktionsweise des eigentlichen Schaltnetzteils. Bevor wir auf das Schaltnetzteil eingehen, betrachten wir zuerst den Digitalteil mit der zugehörigen Peripherie.

Die Sollwert-Vorgaben für Spannung und Strom kommen vom zentralen Mikrocontroller, der im mittleren, oberen Bereich des Blockschaltbildes eingezeichnet ist. Über einen D/A-Wandler mit nachgeschaltetem Multiplexer werden dann die analogen Steuerspannungen generiert und in den „Sample and Hold"-Gliedern (Abtast-Haltegliedern) gespeichert. Die gespeicherten Spannungen repräsentieren exakt die Sollwert-Vorgaben für Spannung und Strom.

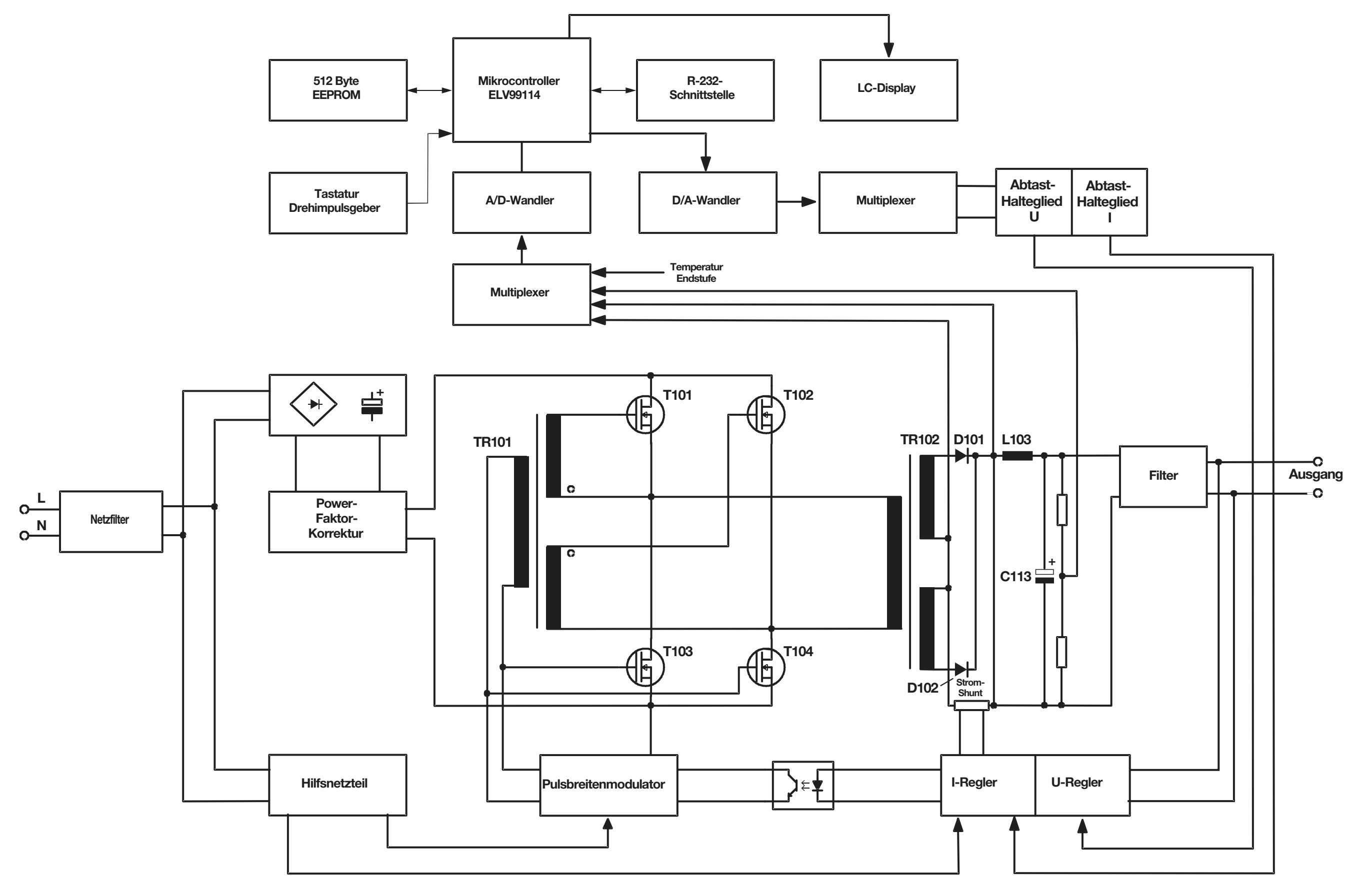


Bild 2: Blockschaltbild des SPS 9540

Über die Tastatur oder den Drehimpulsgeber (oben links) werden die gewünschten Parameter des Netzgerätes manuell eingestellt und auf der großflächigen Flüssigkristall-Anzeige (oben rechts) dargestellt. Neben den Vorgabewerten sind auch die aktuellen Messwerte sowie alle Statusinformationen direkt auf dem Display abzulesen.

Bis zu neun vollständige Gerätekonfigurationen werden im 512-Byte-EEPROM abgespeichert. In diesem Speicher sind auch die Backup-Informationen des SPS 9540 erfasst, sodass nach einem Stromausfall das Gerät nicht neu eingestellt werden muss. Des Weiteren befinden sich im EEPROM die Kalibrierparameter für den A/D- und den D/A-Wandler sowie die Maximalwerte für Strom und Spannung.

Mit dem Stromshunt am Ausgang wird der Ausgangsstrom und über den Spannungsteiler die Ausgangsspannung erfasst. Zusammen mit den Temperaturwerten der Endstufe gelangen die Messwerte über einen Multiplexer auf den Eingang des A/D-Wandlers und von hier aus als digitale Informationen zum zentralen Mikrocontroller.

Eine galvanisch getrennte RS-232-Schnittstelle dient zur Verbindung des SPS 9540 mit einem PC. Vom PC aus kann die komplette Steuerung des Netzteils erfolgen. Die Messwerte sind in beliebigen Dateien speicherbar.

Kommen wir nun zum Blockschaltbild des eigentlichen Schaltnetzteils, das im unteren Bereich von Abbildung 2 dargestellt ist. Zunächst gelangt die Netz-Wechselspannung über eine Filterstufe auf einen Gleichrichter mit nachgeschalteten Pufferelkos, der eine Gleichspannung für die Leistungsendstufe des SPS 9540 bereitstellt. Die Gleichspannung wird über eine Power-Faktor-Korrektur, die für eine sinusförmige Stromaufnahme aus dem Netz sorgt, zu den primärseitigen Leistungstransistoren T 101 bis T 104 geführt. Zusätzlich stabilisiert die Power-Faktor-Korrektur die Gleichspannung auf ca. 410 V.

Zu bedenken ist, dass diese Stufen nicht galvanisch vom 230-V-Wechselspannungsnetz getrennt sind und somit extreme Lebensgefahr bei unsachmäßigem Umgang besteht.

Bei den Transistoren T 101 bis T 104

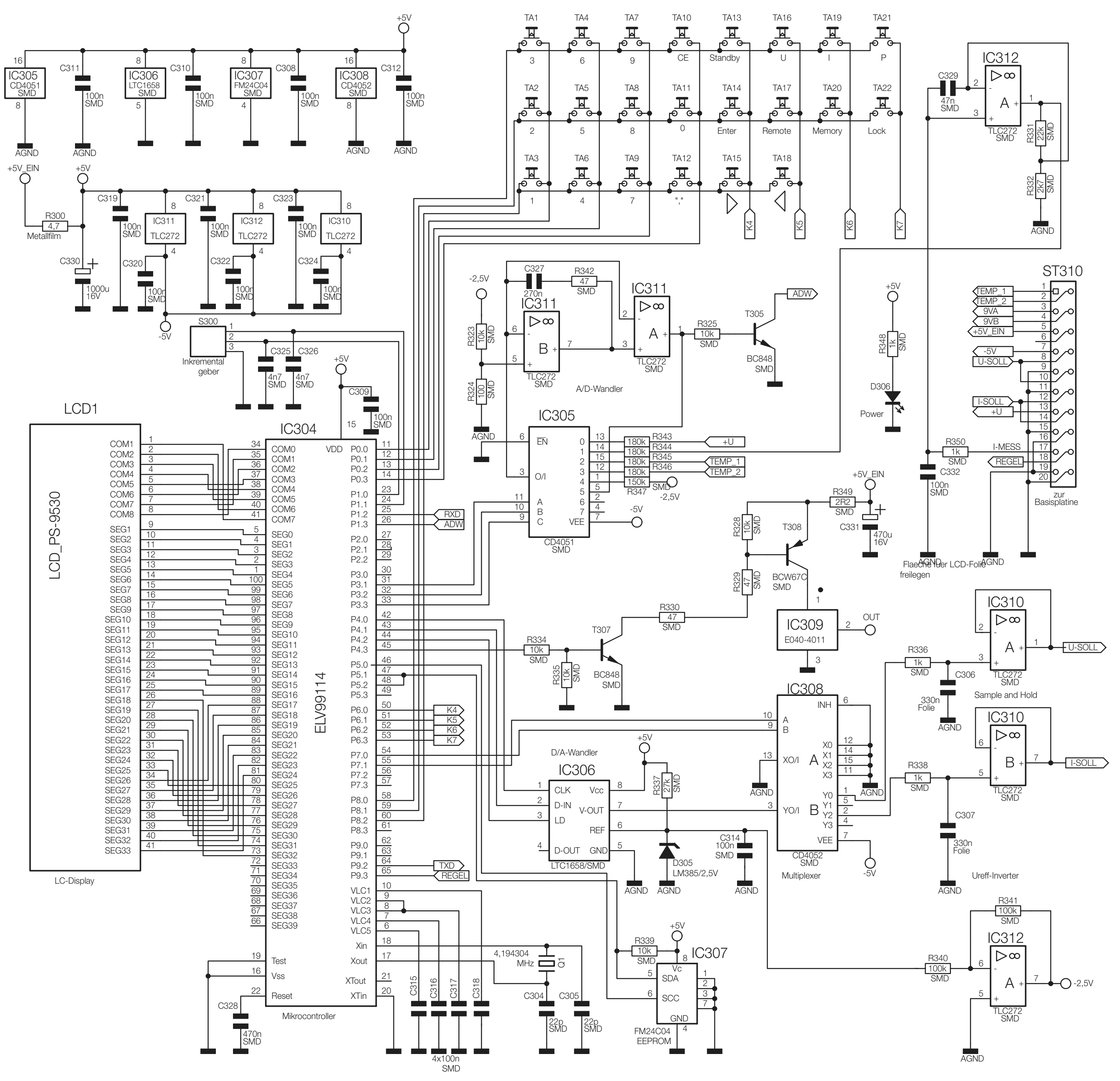


Bild 3: Prozessoreinheit des SPS 9540

handelt es sich um spezielle hochspannungsfeste Leistungs-Power-MOSFET's, die in Verbindung mit dem Leistungstransformator TR 102, dem Steuertrafo TR 101 sowie der zugehörenden sekundärseitigen Beschaltung einen so genannten Vollbrückenflusswandler bilden.

Durch die wechselseitige Ansteuerung der Leistungs-MOSFET's wird die primärseitige Wicklung des Übertragers TR 102 wechselweise mit der Versorgungsspannung (-UB, +UB) beaufschlagt.

Durch dieses Schaltungskonzept in Verbindung mit einer hohen Schaltfrequenz wird die äußerst geringe Baugröße des Leistungstransformators TR 102 bei einer sekundärseitigen Ausgangsleistung von 1000 VA möglich. Die Abmessungen des Trafos TR 102 betragen nur ca. 38 x 54 x 55 mm. (In konventioneller Technik entsprechen diese Abmessungen lediglich einem ca. 15- bis 20-VA-Transformator!)

Die sekundärseitige Ausgangsspannung des Trafos TR 102 wird über die Dioden D 101 und D 102 gleichgerichtet und gelangt über die Speicherdrossel L 103 auf den Siebelko C 113. Die so gewonnene Gleichspannung wird über eine zusätzliche Filterstufe auf die Ausgangsklemmen des SPS 9540 gegeben.

Über den im Massezweig liegenden Präzisions-Shunt-Widerstand wird eine dem jeweils gerade fließenden Strom proportionale Messspannung erzeugt.

Für die Regelung der Ausgangsspannung bzw. des Ausgangsstromes ist eine komplexe Regelstruktur erforderlich. Wie aus dem Blockschaltbild ersichtlich, ist die Regelelektronik, bestehend aus U-Regler (Spannungsregler) und I-Regler (Stromregler), auf der sekundären Seite der Leistungsstufe des SPS 9540 angekoppelt.

Der I-Regler bekommt seine Istwert-Information von dem bereits angesprochenen Shunt-Widerstand, während der Spannungsregler direkt am Ausgang angeschlossen ist.

Genau wie die Regler in konventionellen Netzgeräten, arbeiten auch die Regler des SPS 9540. Der Sollwert für Strom und Spannung wird, wie bereits erwähnt, von den zugehörigen Abtast-Haltegliedern vorgegeben.

Der jeweils aktive Regler vergleicht nun Soll- und Istwert miteinander und steuert daraufhin die Leistungsstufe des SPS 9540 entsprechend an.

Da es sich beim SPS 9540 um ein primär getaktetes Schaltnetzteil handelt, muss die sekundärseitig erzeugte Reglerinformation auf die primäre, galvanisch von der Netzwechselspannung nicht getrennte Seite der Schaltung übertragen werden. Diese Aufgabe übernimmt der eingezeichnete Optokoppler.

In der Weiterverarbeitung der Reglerinformation liegt der wesentliche Unterschied zwischen einem „konventionellen" Netzteil und dem Schaltnetzteil SPS 9540. Während bei herkömmlichen Netzteilen die Endstufen linear von der Regelelektronik angesteuert werden, erfolgt die Endstufenansteuerung beim SPS 9540 über einen so genannten Pulsbreitenmodulator. Die Information über die zu liefernde Leistung liegt also in der Pulsbreite des Ansteuersignals, d. h. die Leistungstransistoren arbeiten im Schalterbetrieb. Neben dem eigentlichen Pulsbreitenmodulator befindet sich im gleichen Schaltungsblock der Oszillator, über den die Schaltfrequenz von ca. 30 kHz generiert wird.

Die Leistungstransistoren T 103 und T 104 werden direkt vom Ausgangssignal des Pulsbreitenmodulators angesteuert. Damit dies möglich ist, liegt die Pulsbreitenstufe auf -UB-Potential. Die „oben" liegenden Transistoren T 101 und T 102 werden über den Steuertransformator TR 101 angesteuert.

Sowohl der Pulsbreitenmodulator als auch die Reglereinheit mit dem Regler für Spannung und Strom müssen mit einer separaten Betriebsspannung versorgt werden. Da der Pulsbreitenmodulator im Sekundärkreis und die Reglereinheit im Primärkreis angeordnet sind, müssen die jeweiligen Versorgungsspannungen zuverlässig galvanisch voneinander getrennt sein. Diese Aufgabe wird von dem kleinen Hilfsnetzteil übernommen.

Für ein Labornetzgerät wie das SPS 9540 ist eine zuverlässige galvanische Trennung der Ausgangsspannung von der lebensgefährlichen Netzwechselspannung von entscheidender Bedeutung. Bei der Konzeption dieses Labornetzgerätes wurde diesem Punkt daher besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Erfüllt wird diese Forderung neben dem Layoutaufbau im Wesentlichen durch drei Bauelemente.

Im Leistungskreis übernimmt der Übertrager TR 102 diese Aufgabe, der Optokoppler zwischen Reglereinheit und dem Pulsbreitenmodulator sorgt für eine sichere galvanische Trennung im Steuerkreis. Das Hilfsnetzteil entkoppelt die Versorgungsspannungen der Reglereinheit und des Pulsbreitenmodulators.

Nach der vorstehenden prinzipiellen Funktionsbeschreibung des SPS 9540 anhand des Blockschaltbildes kommen wir nun zu der detaillierten Schaltungsbeschreibung dieses außergewöhnlich leistungsfähigen Labornetzgerätes.

Schaltung

Die Gesamtschaltung des Prozessor-Schaltnetzteils SPS 9540 ist zur besseren Übersicht in sechs in sich geschlossene Funktionsgruppen aufgeteilt. Die einzelnen Funktionsgruppen bestehen aus der Prozessoreinheit (Abbildung 3), der galvanisch getrennten seriellen Schnittstelle (Abbildung 4), dem Hauptschaltbild in Abbildung 5, dem Pulsweitenmodulator in Abbildung 6, der Reglereinheit (Abbildung 7), der Power-Faktor-Korrektur (Abbildung 8) und der Lüftersteuerung mit Temperaturüberwachung in Abbildung 10.

Während sich die Schaltung des Leistungsnetzgerätes auf einer großen Basisplatine und zwei Modulplatinen befindet, sind alle für die Bedien- und Steuerfunktionen zuständigen Komponenten sowie die Schnittstelle auf einer Frontplatine untergebracht. Die Verbindung der beiden Funktionseinheiten erfolgt über ein 20-poliges Flachbandkabel, wobei die Prozessoreinheit aufgrund der allgemein gehaltenen Architektur auch zur Steuerung von anderen Netzgeräten geeignet ist. Die Schaltungsbeschreibung beginnen wir nun mit der in Abbildung 3 dargestellten Prozessoreinheit.

Prozessoreinheit (Abbildung 3)

Zentrales Bauelement ist der Single-Chip-Mikrocontroller IC 304 vom Typ ELV 99114, dessen Arbeitsprogramm in einem 16 kB großen ROM gespeichert ist. Aufgrund der umfangreichen LCD-Steuermöglichkeiten verfügt der Baustein über 100 Anschlusspins. Die erforderliche externe Beschaltung hingegen ist äußerst gering.

Der Takt des chipinternen Oszillators wird mit Hilfe des Quarzes Q1 festgelegt, der an Pin 17 und Pin 18 des Controllers angeschlossen ist. Neben dem Quarz sind an diesen Pins noch die Kondensatoren C 304 und C 305 erforderlich.

Für einen definierten Power-On-Reset des Gerätes sorgt der an Pin 22 angeschlossene Kondensator C 328. Das Reset-Signal initialisiert den Mikrocontroller und startet ihn neu.

Die große, hinterleuchtete Flüssigkristallanzeige wird direkt vom Mikrocontroller gesteuert. Zur Display-Steuerung sind die Segmentleitungen mit SEG 0 bis SEG 32 des Controllers verbunden. Die zur Verfügung stehenden 8 Backplanes werden dabei über COM 0 bis COM 7 gesteuert. Mit Hilfe der Kondensatoren C 315 bis C 318 werden die intern erzeugten Spannungen für das LC-Display gepuffert.

Für die Hinterleuchtung des LC-Displays wird beim PS 9540 eine Leuchtfolie verwendet, die für eine besonders gleichmäßige Ausleuchtung sorgt. Der Miniatur-Wechselrichter (EL-Inverter) IC 309 versorgt die Hintergrundbeleuchtung mit der erforderlichen Hochspannung. Zum Einschalten der Hinterleuchtung wird der Transistor T 307 über Port 4.3 durchgesteuert,

der wiederum über R 329, R 330 den Transistor T 308 in den leitenden Zustand versetzt.

Um mit einer möglichst geringen Anzahl an Anschlussleitungen auszukommen, sind die an Port 0.0 bis Port 0.3, Port 6.0 bis Port 6.3 sowie Port 8.0 bis Port 8.2 angeschlossenen Bedientasten des SPS 9540 in einer Matrix angeordnet. Port 8 kennzeichnet dabei die Zeilen, und die als Eingänge definierten Ports 0 und 6, welche mit internen Pull-up-Widerständen ausgestattet sind, stellen die Spalten der Tastaturmatrix dar. Wenn keine Taste gedrückt ist, liegt an den Eingängen ein High-Pegel an. Die als Ausgänge konfigurierten Pins von Port 8 liegen im Ruhezustand auf Massepotential.

Der Drehimpulsgeber (Incrementalgeber) S 300 ist mit Port 1.0 und Port 1.1 des Mikrocontrollers verbunden. Der Geber wird über die eigenen Unterbrechungsanforderungen der Porteingänge abgefragt, wobei C 325 und C 326 zum Entprellen des Signals dienen.

Damit sämtliche Geräteeinstellungen und die Abgleichparameter nach einem Spannungsausfall bzw. im ausgeschalteten Zustand nicht verloren gehen, ist das Netzgerät mit einem 512-Byte-EEPROM (IC 307) ausgestattet. Des Weiteren dient das EEPROM zur Abspeicherung von max. neun kompletten Geräteeinstellungen. Der I^2C-Bus des EEPROMs ist mit Port 5.0 bis Port 5.2 des Mikrocontrollers verbunden. Port 5.0 ist dabei ein Ausgang und sorgt für den Takt der Kommunikation zwischen Prozessor und EEPROM. Port 5.1 und Port 5.2 sind direkt mit der Datenleitung des EEPROMs verbunden. Diese Beschaltung (ein Eingang, ein Ausgang) vereinfacht das Programm des I^2C-Protokolls.

A/D-Wandler

Damit der Prozessor die analogen Messwerte verarbeiten kann, ist eine Analog/Digital-Wandlung erforderlich. Diese Aufgabe übernimmt der mit IC 311 und externen Komponenten aufgebaute, integrierende Wandler. Die Grundelemente dieses, trotz kostengünstigen Aufbaus sehr genauen Wandlers, sind der als invertierender Integrator geschaltete Operationsverstärker IC 311 B und der Komparator IC 311 A. Bei diesem Zwei-Rampen-Wandler wird vorausgesetzt, dass die Mess- und Referenzspannung entgegengesetzte Vorzeichen haben.

Über Port 3.1 bis Port 3.3 erfolgt mit Hilfe des Analog-Multiplexers IC 305 die Auswahl des Messeingangs. Neben dem Kondensator im Rückkopplungszweig (C 327) gehören die jeweiligen Widerstände (R 343 bis R 347) zum Integrator.

Damit der Offset des OPs keinen Einfluss auf die Messung hat, ist der positive Eingang von IC 311 B über den Spannungsteiler R 323, R 324 leicht negativ vorgespannt.

Der nachgeschaltete Komparator (IC 311 A) schaltet um, wenn die Ausgangsspannung des Integrators wieder im Ruhezustand ist. Der Transistor T 305 erzeugt dann eine Spannungsflanke an Port 1.3.

Bild 4: RS-232-Schnittstelle des SPS 9540

Die erforderliche Referenzspannung wird von der Referenzdiode D 305 im unteren Bereich des Schaltbildes zur Verfügung gestellt und mit Hilfe des Operationsverstärkers IC 312 A invertiert.

Da der Messeingang des A/D-Wandlers für Spannungen bis zu 2,5 V ausgelegt ist, muss die zum Messstrom proportionale Spannung mit dem nicht invertierenden Verstärker IC 312 B angepasst werden. Der Verstärkungsfaktor des OPs wird dabei über den Spannungsteiler R 331, R 332 im Rückkopplungszweig festgelegt.

Da die von der Basisplatine kommende Zuleitung zum Messeingang relativ lang ist, werden HF-Einkopplungen mit C 329 und dem Siebglied R 350, C 332 abgeblockt.

D/A-Wandler

Zur analogen Sollwertvorgabe für Strom und Spannung ist ein D/A-Wandler erforderlich. Der von uns eingesetzte D/A-Wandler von Linear Technology des Typs LTC 1658 zeichnet sich durch ein gutes Preis-/Leistungsverhältnis aus und hat eine Genauigkeit von 14 Bit. Der Wandler mit seriellem Eingang wird über 3 Leitungen vom Mikrocontroller (Port 4.0 bis Port 4.2) gesteuert.

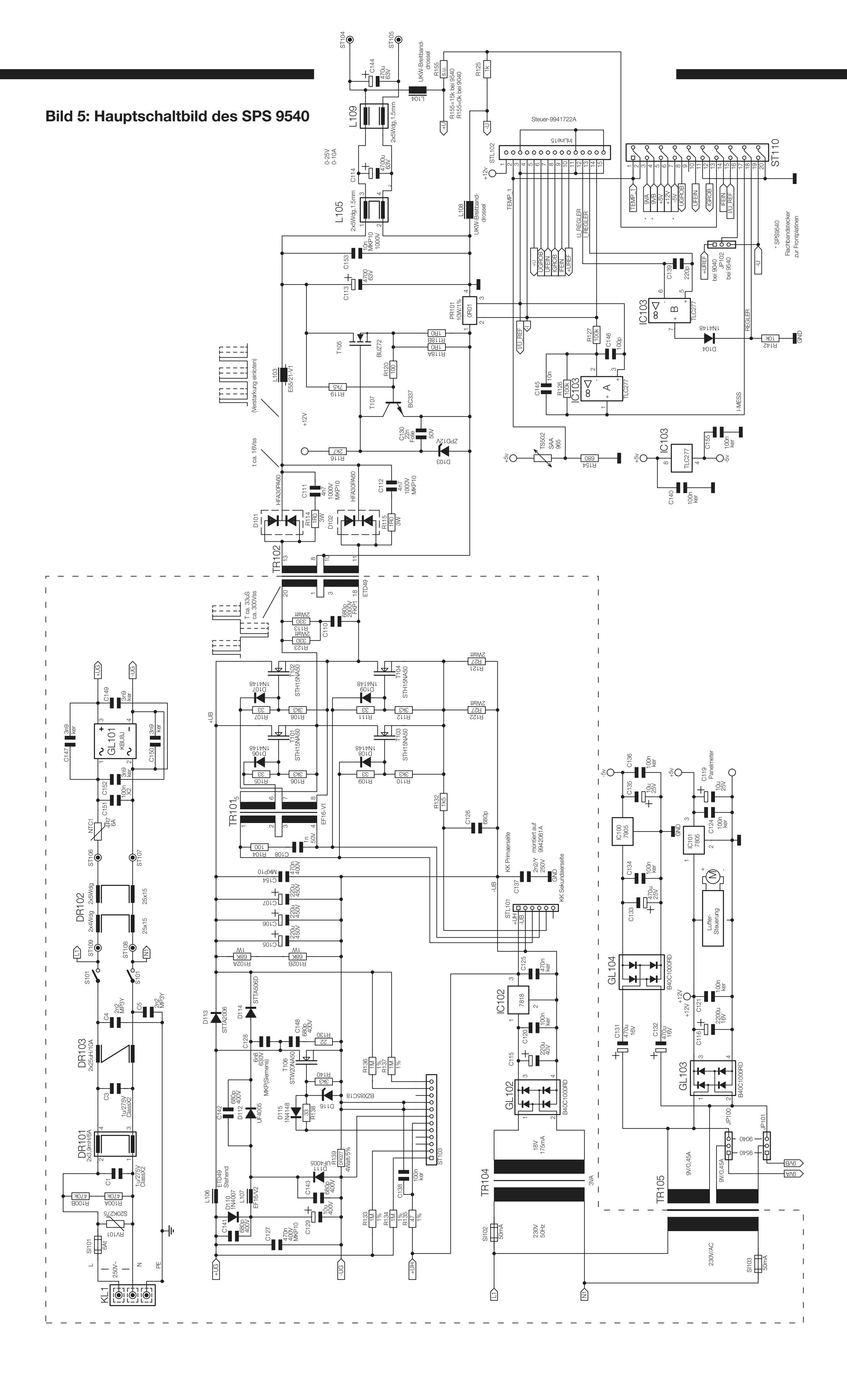
Die über R 337 mit Spannung versorgte Referenzdiode stellt eine Referenzspannung von 2,5 V für den Wandler zur Verfügung. Da der Wandler sowohl für die Sollwertvorgabe der Spannung als auch für die Sollwertvorgabe des Stromes dient, ist ein nachgeschalteter Analog-Multiplexer mit 2 Abtast-Haltegliedern (Sample & Hold) erforderlich.

Jedes Sample & Hold-Glied besteht dabei aus einem Puffer-Verstärker mit hochohmigem Eingang (IC 310 A, IC 310 B), einem Widerstand (R 336, R 338) und einem Kondensator (C 306, C 307). Der Kondensator wird über den Widerstand aufgeladen, bis er die Sollspannung erreicht hat und anschließend der Multiplexer in den hochohmigen Zustand versetzt. Da der hochohmige Eingang des nachgeschalteten OPs die Spannung nahezu nicht belastet, wird der Kondensator bis zum nächsten Verbinden mit dem D/A-Wandler-Ausgang nicht entladen. Mit einem einzigen D/A-Wandler kann somit die Spannungs- und Strom-Sollwertvorgabe erfolgen.

Zur Spannungsversorgung der Prozessoreinheit werden + 5 V und - 5 V benötigt, die die Basisplatine bereitstellt. Ein zusätzlicher Tiefpassfilter im Plusspannungszweig, aufgebaut mit R 300, C 330, dient dabei zur Störunterdrückung. Die über R 348 mit Spannung versorgte Leuchtdiode D 306 signalisiert die Betriebsbereitschaft des Gerätes.

Die Verbindung zwischen der Basisplatine und der Prozessorplatine erfolgt über ein

Bild 5: Hauptschaltbild des SPS 9540



an ST 310 angeschlossenes 20-poliges Flachbandkabel. Diese Leitungen versorgen die Prozessoreinheit mit Strom, leiten die Sollwertvorgaben zur Hauptplatine und speisen die Messspannungen ein. Die Anschlussbelegung dieser Schnittstelle ist in Tabelle 2 dargestellt.

RS-232-Schnittstelle (Abbildung 4)

Zur Kommunikation mit einem externen PC ist das SPS 9540 mit einer galvanisch getrennten seriellen RS-232-Schnittstelle ausgestattet (Abbildung 4). Über eine 9-polige Sub-D-Buchse an der Geräterückseite sind dann sämtliche Funktionen steuerbar sowie die Messwerte auszulesen. Die galvanische Trennung der Datenleitungen wird mit Hilfe von Optokopplern realisiert.

Das TXD-Signal von Port 9.2 des Mikrocontrollers steuert den Transistor T 301, in dessen Kollektorkreis sich die Sendediode des Optokopplers IC 301 befindet. Der Optokoppler-Ausgang wiederum steuert galvanisch getrennt den Transistor T 302, der das Signal mit RS-232-Pegel auf Pin 3 der 10-poligen Stiftleiste ST 302 gibt.

Die vom externen Gerät kommenden Daten gelangen von ST 302, Pin 5 auf die mit T 303 aufgebaute Transistorstufe. Im Kollektorkreis dieses Transistors befindet sich die Sendediode des Optokopplers IC 302. Der Ausgang des Optokopplers ist direkt mit Port 1.2 verbunden, wobei R 311 als Pull-up-Widerstand fungiert.

Über einen 10-poligen Steckverbinder und eine Flachbandleitung wird ST 302 letztendlich mit der 9-poligen Sub-D-Buchse an der Geräterückseite verbunden.

Zur Schnittstellen-Spannungsversorgung wird eine galvanisch getrennte Wechselspannung benötigt, die eine zusätzliche Trafowicklung bereitstellt. Durch einfache Einweg-Gleichrichtungen mit D 300, D 301 werden dann die positive und negative Schnittstellen-Spannung erzeugt, wobei die Elkos C 302 und C 303 zur Glättung dienen. Hochfrequente Störeinflüsse unterdrücken die Keramik-Kondensatoren C 300 und C 301.

Hauptschaltbild (Abbildung 5)

Im Vergleich zu einem herkömmlichen, linear geregelten Netzgerät sind beim SPS 9540 wesentlich mehr Stufen und Komponenten mit der Netz-Wechselspannung verbunden. Dementsprechend ist beim Umgang mit einer derartigen Schaltung höchste Vorsicht geboten.

Die galvanisch mit der 230-V-Netzwechselspannung verbundenen Bauteile sind in Abbildung 5 durch eine gestrichelte Linie gekennzeichnet. An die Schraub-Klemmleiste KL 1 (oben links) angeschlossene Netzzuleitung gelangt die Netzspannung auf die mit SI 101 bezeichnete Schmelzsicherung. Von dort geht es auf eine recht aufwändige Filtergruppe, die die Aufgabe hat, das Versorgungsnetz von den im SPS 9540 auftretenden Störsignalen zu schützen. Das erste Filter ist mit der stromkompensierten Ringkerndrossel DR 101 und den Kondensatoren C 1 und C 3 aufgebaut. Eine weitere Entstördrossel DR 103 ist direkt nachgeschaltet, bevor es auf den 2-poligen Netzschalter geht.

Hinterm Netzschalter wird direkt die Spannung für das Hilfs-Netzteil abgenommen, während in den Leitungen zum Haupt-Gleichrichter noch 2 weitere stromkompensierte Ringkerndrosseln geschaltet werden.

Über den zur Einschaltstrombegrenzung dienenden Heißleiter NTC 1 gelangt die Netz-Wechselspannung auf den Brückengleichrichter GL 101. Die Kondensatoren C 147 sowie C 149-C 152 dienen dabei zur weiteren Störunterdrückung.

Die zwischen +UG und -UG anstehende Gleichspannung dient zur Versorgung des eigentlichen Schaltnetzteils, wobei zur sinusförmigen Stromaufnahme aus dem Netz eine Power-Faktor-Korrektur dazwischen geschaltet ist.

Die Arbeitsweise der Power-Faktor-Korrektur gleicht der eines Step-Up-Wandlers, mit dem Unterschied, dass der aufgenommene Strom der Kurvenform des Netzes folgt.

Dazu wird die gleichgerichtete Netzspannung mit Hilfe des Feldeffekt-Transistors T 106 mit einer Frequenz von ca. 35 kHz zerhackt und über die Diode D 113 wieder gleichgerichtet.

In der Versorgungsspannung liegt die PFC-Speicherdrossel L 106, die den primärseitigen Strom des SPS 9540 führt. In diesem Schaltungskonzept ist der Stromfluss durch die Speicherdrossel kontinuierlich (Continous-Mode). Der Strom wird über den Shunt R 139 gemessen.

Um die Schaltverluste des FETs zu reduzieren, dient das aus L 107, D 112, D 114 und C 128 bestehende Entlastungsnetzwerk. Der über D 110 aufgeladene Elko C 129 speist dieses Entlastungsnetzwerk.

Der PFC-Regler zur Steuerung des Leistungs-FETs wird an die Stiftleiste ST 103 angeschlossen und über R 135 mit Spannung (+ 18 V) versorgt. R 133, R 134, R 136 und R 137 sind Messwiderstände für den Regler.

Die mit D 113 gleichgerichtete Spannung wird durch die nachgeschalteten Siebelkos C 105-C 107 geglättet, wobei C 154 zur Störunterdrückung dient. Danach gelangt die durch die vorstehend beschriebene Maßnahme erzeugte Gleichspannung mit einer Spannungshöhe von ca. 410 V direkt auf die mit den Feldeffekt-Transistoren T 101-T104 aufgebaute Leistungsendstufe des SPS 9540.

Wie eingangs bereits geschrieben, bilden diese 4 Leistungstransistoren in Verbindung mit den Übertragern TR 101 und TR 102 sowie den Dioden D 101 und D 102, der Speicherdrossel L 103 und den Ladeelkos C 113 und C 114 einen so genannten Vollbrückenflusswandler.

Die Ansteuerung der Leistungsendstufe erfolgt so, dass in einer Schaltphase die Transistoren T 101 und T 104 und in der darauf folgenden Schaltphase die Transistoren T 102 und T 103 durchgeschaltet sind. Dies hat zur Folge, dass in Schaltphase 1 der Anschluss 20 des Leistungsübertragers TR 102 mit +UB beaufschlagt wird, während der Anschluss 18 auf -UB liegt. In

Tabelle 2: Anschlussbelegung der Prozessoreinheit

Anschluss	Funktion	Wert
1	Temperatur Sensor 1	1,4 V - 2,4 V
2	Temperatur Sensor 2	1,4 V - 2,4 V
3	Versorgungsspannung V.24	9 V ∽
4	Versorgungsspannung V.24	9 V ∽
5	Versorgungsspannung Steuerung	+ 5 V
6	Frei	-
7	Versorgungsspannung Steuerung	- 5 V
8	Vorgabe „Sollspannung”	0...2,5 V
9	Masseverbindung	GND
10	Vorgabe „Sollspannung”	0...2,5 V
11	Masseverbindung	GND
12	Vorgabe „Sollstrom”	0...2,5 V
13	Messspannung	0...2,5 V
14	Vorgabe „Sollstrom”	0...2,5 V
15	Masseverbindung	GND
16	Frei	-
17	Messstrom	0...0,5 V
18	Reglererkennung	TTL Pegel
19	Masseverbindung	GND
20	Masseverbindung	GND

der zweiten Schaltphase liegt der Übertrager-anschluss 20 auf -UB, und am Anschluss 18 liegt nun +UB.

Über die Widerstände R 121, R 122 wird eine zum Endstufenstrom proportionale Spannung gewonnen, die zur Strombegrenzung über R 132 zur Reglerplatine geführt wird. C 126 dient dabei zur Störunterdrückung.

Die sekundärseitige Ausgangsspannung des Leistungs-Ferrit-Übertragers TR 102 wird über die Doppeldioden D 101 und D 102 gleichgerichtet und gelangt dann über die Speicherdrossel L 103 und den Shunt-Widerstand PR 101 im Massezweig auf C 113, den ersten Ausgangsladeelko. Es schließen sich eine symmetrische Doppeldrossel (L 105) und der Ausgangselko C 114 an, welche ganz wesentlich zur hohen Ausgangsspannungsqualität des SPS 9540 beitragen.

Wird die Ausgangsspannung von einem zuvor hohen Wert auf einen niedrigen zurückgedreht und das insbesondere, wenn keine äußere Last angeschlossen ist, so wird dies durch die relativ großen Ladeelkos im Ausgangszweig behindert.

Abhilfe schafft hier die mit den Bauelementen T 105, T 107, D 103, R 116 sowie R 118-R 120 aufgebaute, spannungsabhängige Vorlast.

Über die weitere Ringkerndrossel zur Störunterdrückung (L 109) gelangt die Ausgangsspannung dann zu den an ST 104 und ST 105 angeschlossenen Polklemmen des Netzgerätes. C 144 sorgt für eine weitere Siebung.

Am linken, unteren Rand des Hauptschaltbildes ist das Hilfsnetzteil zur Versorgung der sekundärseitig angeordneten Schaltungsteile dargestellt.

Jeweils über eine Feinsicherung gelangt die Netzspannung auf die Hilfstrafos TR 104 und TR 105. Die sekundärseitige Wechselspannung von TR 104 wird mit GL 102 gleichgerichtet und auf den Eingang des Spannungsreglers IC 102 gegeben, wobei C 115 zur Pufferung dient. Am Ausgang des Spannungsreglers steht dann eine stabilisierte Spannung von 18 V zur Versorgung des PFC-Reglers und des Pulsbreitenmodulators zur Verfügung. Zu beachten ist, dass in diesem Bereich auch die Sekundärseite des Hilfstrafos direkt galvanisch mit dem 230-V-Wechselspannungsnetz verbunden ist.

Der Transformator TR 105 dient zur Versorgung der sekundärseitigen elektronischen Komponenten des SPS 9540, wozu auch die Prozessoreinheit und die temperaturgesteuerte Lüfterreglung gehört.

Die sekundärseitige Spannung der oberen Wicklung gelangt direkt auf den Gleichrichter GL 103 und über die Elkos C 131, C 132 potentialfrei auf den Gleichrichter GL 104. Gegenüber Massepotential erhalten wir dann an C 133 eine negative und an C 116 eine positive unstabilisierte Gleichspannung, die jeweils einem 5-V-Spannungsregler zugeführt werden. Hier stehen ausgangsseitig die stabilisierten Niederspannungen zur Versorgung der Prozessoreinheit und der weiteren Steuerelemente zur Verfügung.

Die temperaturgeregelte Lüftersteuerung wird mit der unstabilisierten positiven Gleichspannung versorgt und die untere Sekundärwicklung von TR 105 dient beim SPS 9540 zur potentialfreien Versorgung der seriellen Schnittstelle.

Mit Hilfe des Komparators IC 103 B erhalten wir die Information, welcher Regler (U oder I) gerade aktiv ist und IC 103A nimmt eine Invertierung der am Stromshunt PR 101 gewonnenen stromproportionalen Spannung vor.

Damit ist die Beschreibung des Hauptschaltbildes abgeschlossen, und wir wenden uns dem in Abbildung 6 dargestellten Pulsbreitenmodulator zu.

Pulsbreitenmodulator (Abbildung 6)

Kernstück der Steuerschaltung ist der integrierte Baustein IC 202 mit der Bezeichnung SG 3525A.

Die Ausgangsspannung des SPS 9540 wird auf der Primärseite durch das Puls-Pausen-Verhältnis des Ansteuersignals für die Leistungstransistoren T 101 bis T 104 gesteuert. Die konstante Oszillatorfrequenz und damit die Schaltfrequenz des gesamten Netzteils wird durch die Bauelemente R 205 und C 201 vorgegeben. Bei der gewählten Dimensionierung dieser Bauelemente ergibt sich eine Schaltfrequenz von ca. 30 kHz.

Das Puls-Pausen-Verhältnis des an Pin 11 und Pin 14 anstehenden Steuersignals wird in Abhängigkeit von der Eingangsinformation an Pin 9 gesteuert.

Diese Eingangsinformation kommt wiederum von der in Abbildung 7 dargestellten Reglereinheit der Sekundärseite, über den Optokoppler IC 201.

Nach dem Einschalten wird die Impulsbreite des Ansteuersignals langsam auf den über die Reglereinheit eingestellten Wert hochgefahren. Diese Schaltungseigenschaft wird auch als Soft-Start bezeichnet und durch die Beschaltung des IC 202 mit dem Kondensator C 202 an Pin 8 erreicht.

Die Versorgungsspannung der Pulsbreitenmodulatorstufe wird durch den Transistor T 201 in Verbindung mit der Z-Diode D 202 sowie den Widerständen R 208, R 211 und R 212 überwacht. Unterschreitet diese einen bestimmten, festgelegten Wert, so wird der Shut-Down-Anschluss

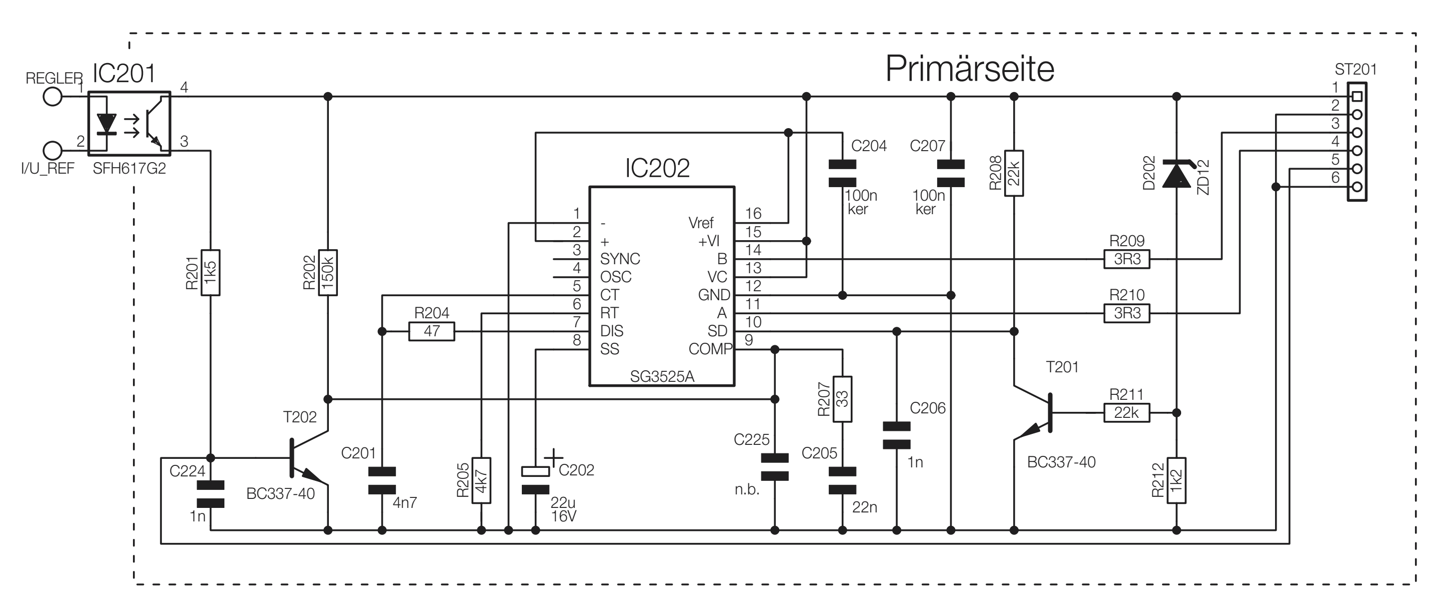


Bild 6: Pulsbreitenmodulator des SPS 9540

Bild 7: Reglereinheit des SPS 9540

(Pin 10) des IC 202 auf High-Potential gelegt, wodurch die Leistungsstufen des SPS 9540 deaktiviert werden.

Durch diese Maßnahme wird das SPS 9540 bei zu niedriger Netzspannung praktisch abgeschaltet, wodurch die aufwändige Leistungselektronik wirksam geschützt ist.

Wie bereits erwähnt, erhält IC 202 seine Eingangs-Steuerinformation über den Optokoppler IC 201 in Verbindung mit der Transistorstufe T 202.

Ein weiteres, von Pin 5 des Steckverbinders ST 201 kommendes Signal sorgt für eine Strombegrenzung in den Schalt-Transistoren.

Reglereinheit (Abbildung 7)

Abbildung 7 zeigt die Reglereinheit des SPS 9540. Die Referenzspannung für den U-Regler (IC 204 A) sowie für den I-Regler (IC 204 B) wird durch IC 203 erzeugt.

C 208-C 210 vor und hinter dem Spannungsregler dienen in diesem Zusammenhang der Schwingneigungsunterdrückung bzw. Pufferung.

Für die Spannungseinstellung gelangen die Sollwert-Informationen vom Abtast-Halteglied über die Widerstände R 214 und R 215 sowie R 218 auf den invertierenden Eingang des IC 204A.

Der Istwert, d. h. der tatsächlich vorhandene Wert der Ausgangsspannung, gelangt über den Widerstandsteiler R 216, R 235 und R 219 an den nicht invertierenden (+)-Eingang (Pin 3) des OPs IC 204 A.

Der Ausgang des U-Reglers (IC 204, Pin 1) ist über R 231, L 200 und R 221 mit der Anode, der in IC 201 integrierten Fotodiode verbunden, sodass über den Pulsbreitenmodulator der Regelkreis geschlossen wird.

Der Sollwert, d. h. die Vorgabe für den jeweils zulässigen Ausgangsstrom, wird in ähnlicher Weise wie beim bereits beschriebenen Spannungsregler erzeugt. An dem gemeinsamen Anschlusspunkt der Widerstände R 223, R 224 und R 227 wird zusätzlich über die Widerstände R 225, R 226 sowie R 233 der Istwert des gerade fließenden Ausgangsstromes eingespeist.

Wie in der Beschreibung des Blockschaltbildes dargelegt, wird die zum Ausgangsstrom proportionale Messspannung (Istwert) von dem Präzisions-Shunt-Widerstand PR 101 aus der Abbildung 5 erzeugt. Diese Messspannung gelangt über den Steckverbinder STL 102/ST 202 auf die oben genannten Widerstände und schließlich auf den invertierenden Eingang (Pin 6) des IC 204 B.

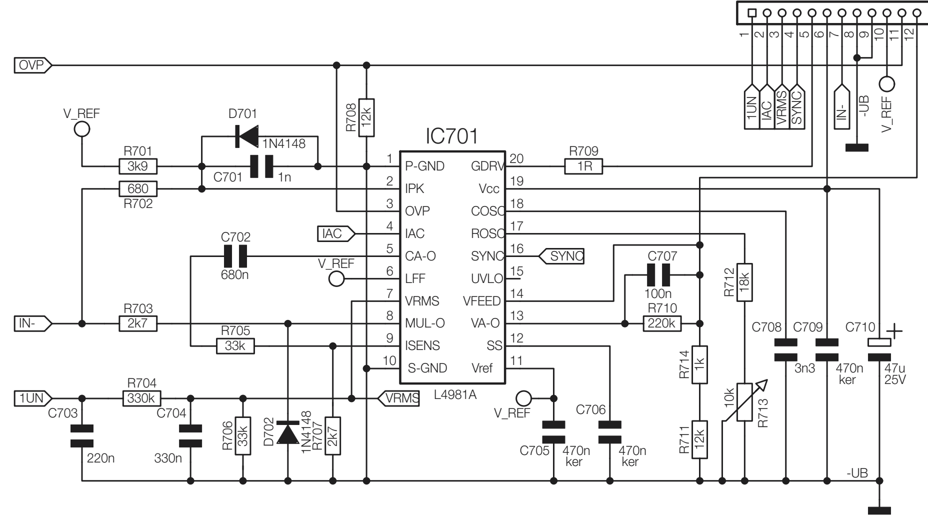


Bild 8: PFC-Regler des SPS 9540

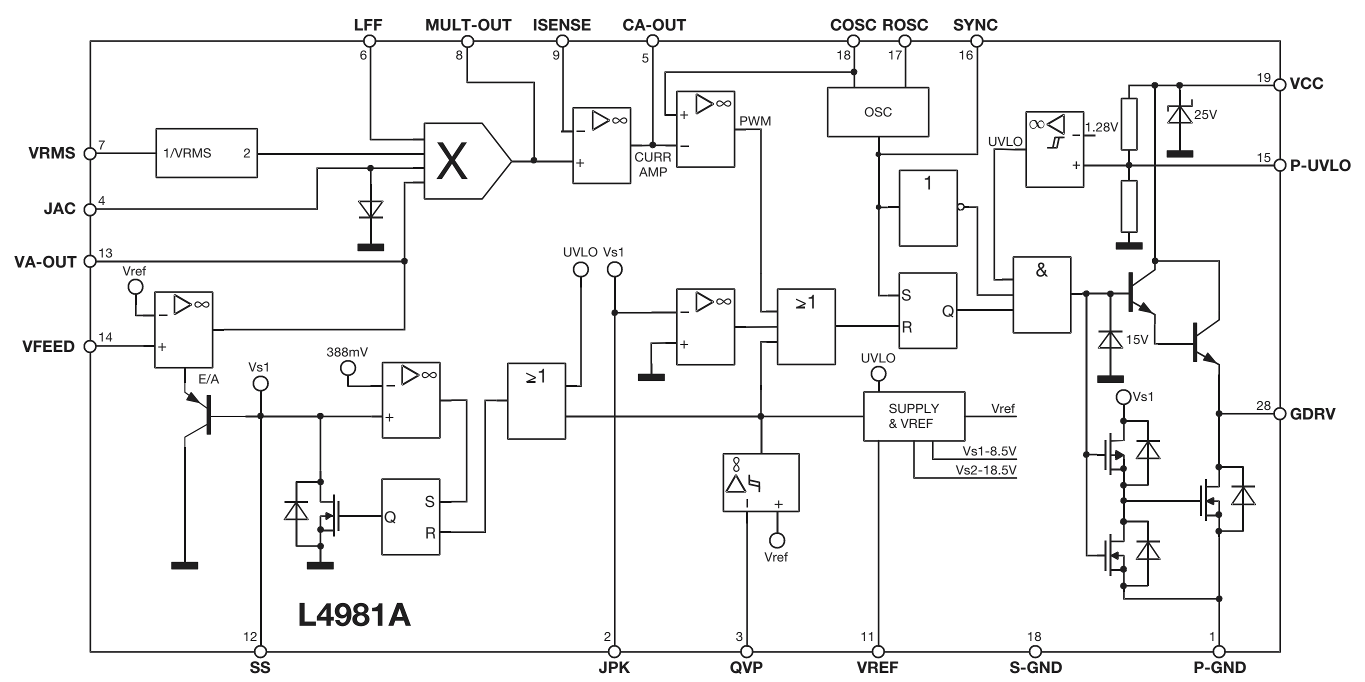


Bild 9: Interner Aufbau des PFC-Reglers L 4981 A

Der Ausgang des IC 204B (Pin 7) ist ebenfalls über R 236, L 202 und R 230 mit der Eingangsdiode des Optokopplers (siehe auch Abbildung 6) verbunden, womit der Regelkreis des SPS 9540 geschlossen wäre.

Der Kondensator C 212 sowie der Widerstand R 220 für den U-Regler und C 214, C 213 sowie R 229 für den I-Regler bestimmen den jeweiligen Regler-Typ. Erst durch die genaue Dimensionierung dieser Bauelemente wird es möglich, eine solche komplexe Regelstrecke, wie sie beim SPS 9540 vorhanden ist, optimal zu stabilisieren.

Power-Faktor-Korrektur, PFC (Abbildung 8)

Die Powerfaktor-Korrektur sorgt für eine sinusförmige Stromaufnahme aus dem Netz, wobei die Arbeitsweise einem Step-Up-Wandler gleicht.

Der speziell für diese Aufgabe entwickelte Regler ist in Abbildung 8 dargestellt. Zentrales Bauelement des PFC-Reglers ist der L 4981A, in dem sämtliche aktiven Komponenten des eigentlichen PFC-Reglers integriert sind. Abbildung 9 zeigt die komplexe interne Struktur dieses Bausteins.

Der vom Shunt-Widerstand R 139 (Abbildung 5) kommende stromproportionale Spannungsabfall gelangt über ST 701, Pin 8 und dem mit R 701, R 702 aufgebauten Spannungsteiler auf Pin 2 des L 4981A. Abhängig von der Dimensionierung dieses Spannungsteilers erfolgt chipintern die Begrenzung des Spitzenstromes.

Zur Regelung des Netzstromes gelangt die Information vom Shunt-Widerstand über R 703 auf Pin 8 des Bausteins. Neben R 703 sind an externe Beschaltung die Komponenten C 702, R 705 und R 707 für die Stromreglung zuständig.

Die an den Hochvolt-Elkos C 105-C 107 anstehende Zwischenkreisspannung wird über die Widerstände R 136, R 137 (Abbildung 5) abgefragt und gelangt über ST 103, ST 701 zum PFC-Regler. Die Spannungsreglung ist dann abhängig von der Dimensionierung der Bauelemente R 137, R 709, R 711 und C 707. Für den Überspannungsschutz ist die Dimensionierung der Bauelemente R 136 und R 708 zuständig.

Der Stromverlauf wird an Pin 4 des L 4981A über den Widerstand R 133 in Abbildung 5 überwacht.

Für den Effektivwert der Spannung (V_{RMS}) sind die Bauelemente C 703, R 704, C 704, R 706 sowie R 134 zuständig.

Die Schaltfrequenz des PFC-Reglers wird durch die Bauelemente C 708, R 712 und dem Trimmer R 713 bestimmt. Beim SPS 9540 wird mit R 713 eine Frequenz von 35 kHz eingestellt.

C 706 sorgt für einen Softstart und die Dioden D 701 und D 702 dienen als Einschaltschutz für das IC.

Lüftersteuerung (Abbildung 10)

Das von ELV konzipierte Schaltnetzteil SPS 9540 besitzt einen außerordentlich

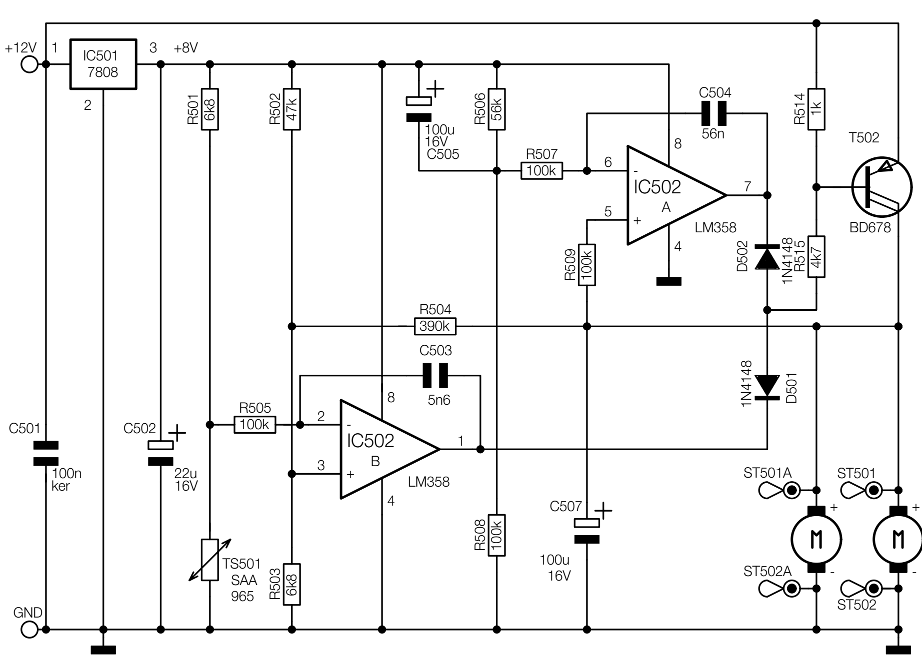


Bild 10: Lüftersteuerung des SPS 9540

hohen Wirkungsgrad von ca. 85 %. Bezogen auf die maximale Ausgangsleistung von 1000 W beträgt die anfallende Verlustleistung jedoch immerhin noch bis zu 150 W. Eine Verlustleistung dieser Größenordnung abzuführen, stellt in der Regel kein Problem dar, sie könnte ohne weiteres über außen liegende Kühlkörper auch ohne zusätzlichen Lüfter abgegeben werden. Aufgrund der hohen und galvanisch nicht getrennten Betriebsspannungen würden außen liegende Kühlkörper mit isolierender Transistorbefestigung jedoch ein zu großes Sicherheitsrisiko in sich bergen. Aus diesem Grunde werden beim SPS 9540 zwei Kühlkörper im Geräteinneren eingesetzt, wobei bedingt durch die relativ geringe Konvektion im Gehäuseinneren zwei zusätzliche Lüfter unabdingbar sind.

Abbildung 10 zeigt die elektronische Lüfterregelung des SPS 9540. Sie hat die Aufgabe, die Lüfterdrehzahl der jeweils anfallenden Verlustwärme anzupassen. Wird dem SPS 9540 nur eine geringe Leistung abverlangt, so ist auch nur eine niedrige Lüfterdrehzahl erforderlich, entsprechend einer Geräuschentwicklung „im Flüsterton". Erst bei hohen Ausgangsleistungen bzw. hohen Umgebungstemperaturen wird die volle Lüfterleistung erreicht, wobei die Kühlkörpertemperatur die 60-°C-Grenze unter normalen Bedingungen nicht überschreitet.

Unten rechts im Schaltbild (angeschlossen an ST 501, ST 501 A und ST 502, ST 502 A) sind die Lüfter dargestellt. Über den Längstransistor T 502 erfolgt die Steuerung der an den Lüftern anstehenden Betriebsspannung, wobei die Lüfter mit der unstabilisierten +12-V-Betriebsspannung betrieben werden. Die Lüfterregelung des SPS 9540 besteht aus zwei unabhängigen Reglern.

Der obere, mit IC 502A aufgebaute Regler sorgt für eine gewisse Grundkonvektion.

Der Istwert, d. h. die Spannung, die am Lüfter ansteht, gelangt über den Widerstand R 509 auf den nicht invertierenden Eingang (Pin 5) des IC 502A. Der Sollwert wird durch den Widerstandsteiler R 506/R 508 gebildet und über den Widerstand R 507 auf den invertierenden Eingang des IC 502 A geleitet.

Der Ausgang des IC 502 A steuert über die Diode D 502 sowie die Widerstände R 514 und R 515 die Basis des Längstransistors T 502, womit der Grundlastregelkreis geschlossen ist. Durch die gegebene Dimensionierung stellt sich stets eine Spannung von ca. 5,1 V über dem Lüfter ein, wodurch die Forderung nach einer definierten Grundkonvektion erfüllt ist.

Im Einschaltmoment wird durch den Kondensator C 505 ein sicheres Anlaufen des Lüfters gewährleistet. Über den Kondensator C 504 im Gegenkoppelzweig in Verbindung mit dem Widerstand R 507 wird der Regelkreis stabilisiert. IC 502 B mit Zusatzbeschaltung bildet den eigentlichen Temperaturregler.

Über R 502 bis R 504 gelangt auch hier der Istwert (am Lüfter anliegende Spannung) auf den nicht invertierenden Eingang des Reglers. Die Messung der Temperatur erfolgt über den Sensor TS 501. Die in Verbindung mit dem Widerstand R 501 gewonnene Messspannung (Sollwert) gelangt über R 505 auf den invertierenden Eingang des IC 502 B.

Der Ausgang des OPs steuert über die Diode D 501 ebenfalls die Basis des Längstransistors T 502, wodurch auch hier der Regelkreis geschlossen ist. D 501 und D 502 (am Ausgang der beiden Regler) dienen zur Entkopplung der einzelnen Regler, wodurch sichergestellt ist, dass jeweils nur ein Regler aktiv ist und die Regelung der Lüfterspannung übernimmt.

Sowohl der Grundlastregler als auch der Temperaturregler werden mit der durch IC 501 erzeugten stabilisierten Spannung betrieben. Die Kondensatoren C 501 und C 502 dienen der Pufferung und Schwingneigungsunterdrückung für IC 501.

Nachbau

Wichtiger Hinweis:
Da es sich beim SPS 9540 um ein netzbetriebenes Gerät mit frei geführter Netzspannung handelt, dürfen Aufbau und Inbetriebnahme nur von Fachkräften durchgeführt werden, die aufgrund ihrer Ausbildung dazu befugt sind. Die geltenden VDE- und Sicherheitsbestimmungen sind dabei unbedingt zu beachten. Insbesondere ist es bei der Inbetriebnahme zwingend erforderlich, zur sicheren galvanischen Trennung einen entsprechenden Netz-Trenntransformator vorzuschalten.

Obwohl die Schaltung des SPS 9540 recht komplex ist, geht der Nachbau zügig vonstatten. Sämtliche Bauelemente werden auf 4 übersichtlich gestalteten Leiterplatten untergebracht.

Bei der Bestückung der Bauelemente ist höchste Aufmerksamkeit geboten, dieses gilt insbesondere für alle Bauelemente, die galvanisch mit dem 230-V-Wechselspannungsnetz verbunden sind. Bei einer eventuell erforderlichen Fehlersuche im Gerät ist ein Trenntrafo (ca. 1000 VA) aus sicherheitstechnischen Gründen, aber auch aus messtechnischer Sicht unbedingt erforderlich. Dies gilt insbesondere bei Messungen mit einem Oszilloskop.

Grundsätzlich bergen Messungen an einem Gerät wie dem SPS 9540, bei dem die Netzwechselspannung in recht komplexer Weise verarbeitet und an vielen Stellen oder Bauteilen auch direkt berührbar ist, eine gewisse Gefahr in sich. Es ist daher in jedem Falle besser, es gar nicht erst so weit kommen zu lassen und durch einen sorgfältigen Aufbau Fehler auszuschließen.

Die Platinen werden in gewohnter Weise gemäß Bestückungsplan und Stückliste aufgebaut, wobei zunächst die niedrigen Bauelemente wie Widerstände und Drahtbrücken, danach die höheren Bauteile wie Kondensatoren oder Transistoren und zum Abschluss die ICs eingelötet werden. Beginnen wir zunächst mit der Bestückung der Frontplatine.

Bestückung der Frontplatine

Wie bereits zuvor erwähnt, kommen auf der Frontplatine mit dem großen LC-Display sowohl SMD-Bauteile (Oberflächenmontage) als auch konventionelle bedrahtete Bauteile zum Einsatz. Es erfolgt dabei eine beidseitige Bestückung der Platine. Bei den Bestückungsarbeiten halten wir uns genau an die Stückliste und den Bestückungsplan, wobei mit den SMD-Komponenten zu beginnen ist. Zur Verarbeitung der Miniatur-Bauelemente sind an Spezial-Werkzeugen ein Lötkolben mit sehr feiner Lötspitze, feines SMD-Lötzinn und eine Pinzette erforderlich.

Die eigentlichen Bestückungsarbeiten beginnen gleich mit dem am schwierigsten zu verarbeitenden Bauelement - dem Mikrocontroller. 100 Anschlusspins mit einem sehr geringen Abstand erfordern dabei eine besonders sorgfältige Arbeitsweise.

Zuerst wird ein Lötpad der Leiterplatte, vorzugsweise an einer Gehäuseecke, vorverzinnt und dann der Prozessor im Flat-Pack-Gehäuse exakt mit der Pinzette positioniert und am vorverzinnten Lötpad angelötet. Zur Orientierung ist Pin 1 sowohl im Bestückungsdruck als auch am Bauteil gekennzeichnet. Sobald das IC dann mit allen Anschlusspins auf den vorgesehenen Lötpads aufliegt, erfolgt das vollständige Verlöten. Da beim Lötvorgang sehr leicht Kurzschlüsse zwischen den Anschlusspins entstehen können, ist im Anschluss hieran eine gründliche Überprüfung mit einer Lupe oder einer Lupenlampe zu empfehlen.

Das Verarbeiten der weiteren integrierten Schaltkreise erfolgt in der gleichen Weise mit äußerster Vorsicht beim Lötvorgang.

Danach sind die SMD-Widerstände (mit Ausnahme von R 336 und R 338) aufzulöten, wobei der Widerstandswert direkt auf dem Gehäuse aufgedruckt ist. Die letzte Ziffer des Aufdrucks gibt die Anzahl der Nullen an.

Nun sind die SMD-Kondensatoren an der Reihe. Da diese Bauteile nicht gekennzeichnet sind, besteht dabei eine hohe Verwechselungsgefahr. Es empfiehlt sich daher, diese Teile erst direkt vor dem Verlöten aus der Verpackung zu nehmen.



Ansicht der fertig bestückten Frontplatine (Bestückungsseite) mit Bestückungsplan (Originalgröße: 348 x 94,6 mm).



Ansicht der fertig bestückten Frontplatine (Rückseite) mit Bestückungsplan (Originalgröße: 348 x 94,6 mm).

Bei der SMD-Diode D 304 ist die korrekte Polarität zu beachten. Die Katodenseite ist sowohl beim Bauteil als auch im Bestückungsdruck gekennzeichnet.

Nach dem Auflöten der SMD-Transistoren sind die 22 Bedientaster des Gerätes zu bestücken und von der Platinenrückseite sorgfältig zu verlöten. Gleich im Anschluss hieran werden die Tastkappen aufgepresst.

Nach dem Einbau des Dreh-Impulsgebers (Incrementalgeber) sind an der Platinenrückseite die weiteren bedrahteten Bauelemente an der Reihe. Dabei beginnen wir unter Beachtung der korrekten Polarität mit den integrierten Schaltkreisen, gefolgt von den Kondensatoren. Für das EEPROM ist zusätzlich ein 8-poliger IC-Sockel vorgesehen.

Es folgen die bedrahteten Dioden (Polarität beachten) und der Spannungswandler für die Display-Hinterleuchtung.

Die Elektrolyt-Kondensatoren werden in liegender Position eingebaut. Dabei ist die korrekte Polarität,der üblicherweise am Minuspol gekennzeichneten Elkos, zu beachten.

Zum Anschluss des Schnittstellenkabels wird eine 10-polige Stiftleiste und zum Anschluss des Verbindungskabels zur Basisplatine eine 20-polige Stiftleiste eingelötet. Die Netz-Kontroll-LED benötigt eine Einbauhöhe von 8,5 mm (Polarität beachten).

Zuletzt bleibt auf der Frontplatine nur noch das große LC-Display mit Folienhinterleuchtung einzubauen, wobei zum Anpressen der Leuchtfolie an die Rückseite des Displays ein Stück Schaumstoff dient. Die Einbauhöhe des Displays muss dabei, gemessen von der Displayoberfläche bis zur Platinenoberfläche, 8,5 mm betragen. Nach Anlöten der Display-Anschlüsse und der Leuchtfolie ist die Bestückung der Frontplatine abgeschlossen.

Bestückung der Steuerplatine

Im nächsten Arbeitsschritt wird die 66 mm x 113 mm messende Steuerplatine vorgefertigt. Die Bestückung der Bauelemente erfolgt in der gewohnten Weise entsprechend der Stückliste und des Bestückungsplanes, wobei nur wenige Besonderheiten zu beachten sind.

Die abgewinkelten Stiftleisten müssen, wie auf dem Platinenfoto zu sehen, vor dem Verlöten plan auf der Leiterplattenoberfläche aufliegen.

Der Spannungsregler IC 203 ist, wie im Bestückungsdruck angedeutet, liegend einzubauen. Hierzu wird der Spannungsregler zunächst mittels einer Zylinderkopfschraube M3 x 6 mm und zugehöriger Zahnscheibe und Mutter verschraubt und danach mit den zugehörigen Lötpads verlötet. Unmittelbar neben den Stiftleisten wird ein Montagewinkel in Verbindung mit einer Zylinderkopfschraube M3 x 6 mm und zugehöriger Zahnscheibe und Mutter auf der Bestückungsseite der Steuerplatine angeschraubt. Die M3-Gewindebohrung im Winkel ist zur späteren mechanischen Verbindung mit der Basisplatine vorgesehen.

Aufbau des PFC-Reglers

Der Aufbau der PFC-Regler-Platine ist recht einfach und erfolgt in der gleichen Weise wie der Aufbau der Steuerplatine. Auch hier muss die abgewinkelte 12-polige Stiftleiste vor dem Verlöten plan auf der Platinenoberfläche aufliegen, und der Montagewinkel zur späteren mechanischen Verbindung mit der Basisplatine ist mit einer Schraube M3 x 6 mm, Zahnscheibe und Mutter zu befestigen.

Da Fehler auf dieser Platine zur Zerstörung des gesamten Netzteils führen können, ist beim Lötvorgang äußerste Vorsicht geboten. Auch die korrekte Bestückung ist vor der ersten Inbetriebnahme gründlich zu prüfen.

Der Trimmer R 713 wird ungefähr in die Mittelstellung gebracht.

Aufbau der Basisplatine

Im nächsten Schritt kommen wir dann zum praktischen Aufbau der 411 x 316 mm großen Basisplatine, die mit äußerster Sorgfalt zu bestücken ist. Dies gilt in besonderem Maße für die Lötstellen im netzspannungsführenden Bereich.

Zuerst werden die niedrigsten Komponenten, in unserem Fall die 1%igen Metallfilm-Widerstände und Dioden (mit Ausnahme der am Kühlkörper zu befestigenden Dioden) eingelötet.

Danach sind die Keramik- und Folien-Kondensatoren sowie die nicht an den Kühlkörpern zu befestigenden Transistoren und Spannungsregler an der Reihe.

Die Brückengleichrichter GL 102-GL 104 werden entsprechend der im Bestückungsdruck angegebenen Polarität eingelötet.

Da die Basisplatine sowohl für das SPS 9540 als auch für das SPS 9040 zu nutzen ist, sind bei JP 100-JP 102 die entsprechenden Pins über kurze Silberdrahtabschnitte zu verbinden. Im SPS 9540 sind bei JP 100



Ansicht der fertig bestückten Steuerplatine mit zugehörigem Bestückungsplan.

und JP 101 jeweils Pin 1 und Pin 2 sowie bei JP 102 Pin 2 und Pin 3 zu verbinden.

Danach wird der 27-mΩ-Shunt-Widerstand R 139 aus einem 44 mm langen Manganindrahtabschnitt mit 0,659 Ω/m hergestellt. Nach dem Einlöten in die Leiterplatte bleiben dann 41 mm des Widerstandsdrahtes wirksam.

Die Hochlast-Widerstände R 113, R 114, R 115 und R 123 sowie der NTC1 benötigen einen Abstand von ca. 5 mm zur Platinenoberfläche, wobei zusätzlich zu beachten ist, dass R 114 und R 115 in stehender Position zu bestücken sind.

Zum Anschluss der beiden Lüfter sind Lötstifte mit Öse in die Platinenbohrungen ST 501, ST 501A, ST 502 und ST 502A zu pressen und dann an der Platinenunterseite zu verlöten.

Zur Aufnahme der Steuerplatine wird eine 6-polige und eine 15-polige - und zur Aufnahme der PFC-Platine eine 12-polige Buchsenleiste eingelötet.

Zu beachten ist die korrekte Polarität bei den nun einzubauenden Elektrolyt-Kondensatoren, da falsch gepolte Elkos sogar explodieren können. Üblicherweise sind Elkos am Minuspol gekennzeichnet. Die Hochvolt-Elektrolyt-Kondensatoren C 105-C 107 sind an dieser Stelle noch nicht zu bestücken.

Nun werden die 3, jeweils aus 2 Hälften bestehenden, Platinen-Sicherungshalter eingelötet und gleich mit der zugehörigen Feinsicherung bestückt.

Der Netzschalter S 101, die Schraubklemmleiste KL 1 und die beiden Netzdrosseln DR 101 und DR 103 müssen vor dem Verlöten mit allen Auflagepunkten an der Platine anliegen.

Während der Hilfstrafo TR 104 direkt in die Platine eingelötet wird, ist der Trafo TR 105 zuvor mit zwei Schrauben M4 x 8 mm, Zahnscheibe und Muttern auf die Platine zu schrauben.

Eine danach einzulötende 20-polige Stiftleiste (ST 110) dient zur späteren Verbindung mit der Frontplatine.

Nun sind die Ausgangsdrosseln L 105 und L 109 jeweils aus einem 28,5 mm langen Ringkern mit 28,3 mm Außendurchmesser und 13,8 mm Innendurchmesser und je zwei 34 cm langen isolierten Leitungen (rot, schwarz, 2,5 mm²) herzustellen. Alle Leitungsenden sind auf 1 cm Länge abzuisolieren und zu verzinnen. Bevor nun die Leitungen, wie auf dem Platinenfoto zu sehen ist, jeweils mit 3 Windungen um den Kern der Ringkerndrosseln gewickelt werden, ist es empfehlenswert zu prüfen, ob die Leitungsenden durch die zugehörigen Platinenbohrungen passen. Gegebenenfalls sind die Leitungsenden nachzuarbeiten. Die jeweils rote und schwarze Leitung müssen unbedingt den gleichen Wickelsinn aufweisen.

Als nächstes werden die beiden Kühlkörper für den Einbau vorbereitet, indem die zugehörigen Halbleiter montiert werden. Zwischen den Kühlkörpern und der Leiterplatte sind die zugehörigen Isolierplatinen zu verwenden. An dem von der Gerätevorderseite aus gesehenen linken Kühlkörper werden der Netzgleichrichter GL 101, die Leistungstransistoren T 101-T 104, der PFC-Transistor T 106 sowie die Leistungsdioden D 113 und D 114 montiert.

D 113, D 114 und T 106 sind mit einer Isolierbuchse und einer speziellen Glimmerscheibe zu versehen, die beidseitig mit etwas Wärmeleitpaste bestrichen und dann D 113, D 114 mit je einer Schraube M3 x 5 mm und T 106 mit einer Schraube M3 x 8 mm zunächst locker am Kühlkörper befestigt wird.

Die übrigen Halbleiter verfügen über ein isoliertes Gehäuse und benötigen daher keine Glimmerscheiben. Auch hier erfolgt die Montage mit Wärmeleitpaste vorerst locker am Kühlkörper. Für T 101 bis T 104 werden Schrauben M3 x 6 mm und für GL 101 eine Schraube M3 x 10 mm benötigt. Danach werden die Tansistoren entsprechend den Platinenbohrungen ausgerichtet und der Kühlkörper mit 2 Schrauben M3 x 6 mm und den zugehörigen Muttern und Zahnscheiben auf die Platine befestigt. Nachdem alle Halbleiter exakt ausgerichtet sind, werden diese fest am Kühlkörper verschraubt und an der Platinenunterseite verlötet.

Alsdann erfolgt die Halbleitermontage am rechten Kühlkörper in der gleichen Weise. Der Transistor T 105 und die Doppeldioden D 101 und D 102 müssen, wie zuvor bei D 113 und D 114 beschrieben, mit Glimmerscheibe und Isolierbuchse isoliert werden. Zur Befestigung des Transistors dient eine Schraube M3 x 5 mm mit der zugehörigen Mutter im Kühlkörperprofil. Die Doppeldioden D 101 und D 102 werden mit je einer Schraube M 3 x 8 mm befestigt.

Der Shunt-Widerstand PR 101 wird ebenfalls ohne Glimmerscheibe und Isolierbuchse mit 2 Schrauben M3 x 6 mm befestigt.

Die Anschlüsse des Temperatur-Sensors TS 501 werden mit 1-adrig isolierten Leitungen verlängert. Danach wird der Sensor mit einer Schelle sowie einer Schraube M3 x 5 mm am Kühlkörper befestigt.

Nach dem Ausrichten der Halbleiter wird auch dieser Kühlkörper mit 2 Schrauben M3 x 6 mm und den zugehörigen Muttern und Zahnscheiben auf die Basisplatine montiert. Danach werden die Komponenten fest am Kühlkörper verschraubt und sämtliche Anschlüsse an der Platinenunterseite verlötet.

Der Temperatur-Sensor TS 502 ist, wie in Abbildung 11 gezeigt, in die Kühlrippen des Kühlkörpers zu kleben und dann zu verlöten.

Nun werden die Hochvolt-Elkos C 105 bis C 107 unter Beachtung der korrekten Polarität mit viel Lötzinn eingebaut.

Beim Einlöten der Induktivitäten L 106, L 107, TR 101 und TR 102 ist unbedingt die richtige Polarität zu beachten, die im Bestückungsdruck und am Wickelkörper der Induktivitäten angegeben ist. Die Kupferabschirmung von TR 102 ist an den zugehörigen Platinenanschluss (neben C 110) anzulöten.

Es folgt der Einbau der Speicherdrossel L 103, deren Anschlüsse aufgrund des hohen Ausgangsstromes (25 A) mit viel Lötzinn an die zugehörigen Lötflächen der Leiterplatte anzulöten sind.

Im Bereich der primärseitigen Netzversorgung sind jetzt entsprechend des Fotos die beiden Abschirmbleche aufzulöten. Das



Ansicht der fertig bestückten PFC-Regler-Platine mit zugehörigem Bestückungsplan.



Fertig bestückte Basisplatine des SPS 9540 (Original-Abmessungen 411 x 316 mm).



Bestückungsplan der großen Basisplatine des SPS 9540.

große Abschirmblech erhält zuerst auf der Oberseite ein Kantenschutzprofil (mit Sekundenkleber aufkleben) und wird dann auf der gesamten Leiterplattenlänge verlötet. Beim kleinen Abschirmblech ist die exakte Position durch eine gelbe Linie auf der Leiterplatte gekennzeichnet. (Aus Sicherheitsgründen muss die Position genau eingehalten werden.)

Nun kommen wir zur Montage der beiden Lüfter, die so erfolgt, dass diese die Abluft aus dem Gehäuse des SPS 9540 herausbefördern (siehe Pfeilmarkierung an den Lüftergehäusen). Bei der Montage werden zuerst die beiden Lüfter mit Schrauben M3 x 10 mm, Zahnscheiben und Muttern am Halteblech angeschraubt. Danach erfolgt mit 2 Schrauben M3 x 6 mm, Zahnscheiben und Muttern die Montage des mit den Lüftern bestückten Haltblechs an die Kühlkörperabdeckplatine.

Die Abdeckplatine ist von der Unterseite mit einem 2,2 nF Y-Kondensator zu bestücken und dann mit 4 Schrauben M3 x 5 mm, Zahnscheiben und Muttern auf die Kühlkörper zu montieren. Im Anschluss hieran sind die roten Lüfterleitungen an ST 501, ST 501 A und die blauen Lüfterleitungen an ST 502, ST 502 A anzuschließen.

Es folgt das Einsetzen der Steuerplatine und der PFC-Platine die zur zusätzlichen Sicherung an den vormontierten Metallwinkeln mittels Zylinderkopfschrauben M3 x 5 mm und Zahnscheiben von unten durch die Basisplatine festgeschraubt werden.

Zum Anschluss der Ausgangspolklemmen sind jeweils eine rote und eine schwarze 7 cm lange isolierte Leitung mit einem Querschnitt von 2,5 mm^2 erforderlich. Die rote Leitung ist an ST 104 und die schwarze Leitung an ST 105 der Basisplatine anzulöten.

Im nächsten Arbeitsschritt ist die Schubstange des Netzschalters entsprechend Abbildung 12 herzustellen und mit einem Adapterstück für den Netzschalter und einem Bedienknopf zu bestücken. Das Adapterstück ist danach bis zum Einrasten auf den Netzschalter aufzupressen.

Nachdem das Chassis komplett aufgebaut ist, kommen wir zur weiteren Montage, wobei zuerst eine Netzkabeldurchführung in die Rückwand zu schrauben ist. Die Netz-Zuleitung wird ein weites Stück durchgezogen, aber noch nicht festgeklemmt.

Dann ist die 9-polige Sub-D-Buchse der seriellen Schnittstelle in Schneid-Klemmtechnik mit einem 46 cm langen 10-poligen Flachbandkabel zu bestücken. Am anderen Kabelende wird ein 10-poliger Pfostenstecker ebenfalls in Schneid-Klemmtechnik aufgesetzt. Im Anschluss hieran ist die Sub-D-Buchse an die Rückwand des Gerätes zu schrauben.

Im nächsten Arbeitsschritt ist die Netz-Zuleitung auf 12 cm Länge von der äußeren Ummantelung zu befreien und die braune und blaue Innenader auf 2,5 cm Länge zu kürzen. Nach dem Abisolieren auf 7 mm Länge wird auf diese beiden Innenadern jeweils eine Aderendhülse aufgequetscht. Die grün-gelbe Ader ist auf 8 mm abzuisolieren.

Die beiden Netzadern L und N werden an die Schraub-Klemmleiste KL 1 angeschlossen.

Zur Zugentlastung des Netzkabels wird eine Zugentlastungsschelle mittels zweier Zylinderkopfschrauben M3 x 14 mm, die von der Platinenunterseite her einzusetzen sind, und den zugehörigen M3-Muttern und Zahnscheiben so auf der Platine befestigt, dass der äußere Mantel des Netzkabels noch etwa 1-2 mm unter der Schelle hervorragt.

Nachdem der Aufbau des Gerätes so weit fortgeschritten ist, kann nun die Gehäusemontage beginnen.

Gehäusemontage

Im ersten Schritt der Gehäusemontage (Abbildung 13) entsteht der Gehäuseboden mit Seitenteil, bestehend aus den drei Modulschienen (3a, b, 5b), dem Seitenprofil (4a) und dem Bodenblech (2a). Die Modulschienen werden hierzu mittels dreier Gehäuseschrauben (9), jeweils mit aufgesteckter M4-Zahnscheibe, an das Seitenprofil geschraubt, jedoch noch nicht festgezogen. Die geriffelten Flächen der Modulschienen müssen dabei jeweils nach unten und zur Gehäuseaußenseite weisen.

Als nächstes ist das Bodenblech (2a) mit der lackierten Seite nach außen weisend, dem angeschweißten Flachsteckeranschluss voran, in die beiden Führungsnuten direkt an der geriffelten Kante der jeweiligen Modulschiene (3a, b) einzuschieben.

Alsdann wird das Seitenprofil (4a) fest mit den Modulschienen verschraubt.

Im Anschluss hieran ist die Gehäuseerdung herzustellen. Hierzu wird eine M3-Vierkantmutter 4 cm weit von der Hinterkante entfernt in die obere Nut des Seitenprofils (4a) eingeschoben.

Auf eine M3x6mm-Zylinderkopfschraube sind nun nacheinander eine M3-Zahnscheibe, zwei 3fach-Lötösen und schließlich eine weitere M3-Zahnscheibe aufzuschieben. Nun wird diese Einheit mit Hilfe der bereits eingeschobenen Vierkantmutter an das Seitenprofil (4a) angeschraubt und so festgezogen, dass jeweils eine äußere Lötfahne der 3fach-Lötösen übereinander liegt, womit dann insgesamt 5 Lötanschlüsse für die Schutzleiterverkabelung zur Verfügung stehen.

Bild 11: Montage des Temperatursensors TS 502 im Kühlkörper

An die doppelte, übereinander liegende Lötöse wird später der Schutzleiter des Netzkabels angeschlossen, wobei hiermit dann die beiden Lötösen miteinander verlötet werden.

In unmittelbarer Nähe dieser Schutzleiteranschlussschraube wird nun der Erdungsaufkleber auf der Innenseite des Seitenprofils (4a) aufgeklebt.

Die Schutzleiterverbindung zum Bodenblech (2a) erfolgt über den angeschweißten Flachsteckeranschluss, der zuvor entsprechend hochzubiegen ist. Das vorkonvektionierte Schutzleiterkabel, eine 15 cm lange grün-gelbe Leitung mit Flachstecker, wird hier aufgesteckt.

Danach werden die vier Gehäusefüße (10) an den entsprechenden Positionen des Bodenblechs aufgeklebt.

Der so weit vorbereitete Gehäuseboden ist nun so auf die Arbeitsfläche zu stellen, dass sich das Seitenprofil (4a) auf der linken Seite befindet. An der Vorderseite dieses Seitenprofils wird eine Alublende (8a) mittels zwei Gehäuseschrauben (9) angeschraubt.

In der eckigen Nut der jeweiligen Modulschiene (3a, b, 5b) sind jetzt jeweils zwei Sechskantschrauben M4 x 20 mm einzuschieben, das Gewinde zeigt dabei nach oben.

Auf die Schrauben wird jetzt die 413 x 318 mm messende Isolierplatte aus unkaschiertem Platinenmaterial aufgesetzt. Anschließend folgen auf jedes Schraubengewinde zwei 2,5 mm dicke Polyamidscheiben, womit der Abstand von 5,5 mm zwischen Gerätechassis und Gehäuseboden vorgegeben ist.

Gehäuseeinbau

Im nächsten Arbeitsschritt wird das Gerätechassis auf die sechs Schrauben der unteren Modulschienen (3a, b, 5b) abgesenkt, sodass die Rückplatte (1b) in die Führungsnut der Modulschiene (3b) einrastet. Das Schutzleiterkabel des Bodenblechs wird durch die Isolierplatte und die Basisplatine zu den Schutzleiterösen des Seitenprofils geführt. Nun ist das freie Leitungsende des Schutzleiterkabels auf einer Länge von 8 mm abzuisolieren und durch eine Lötöse zu führen. Vor dem Verlöten wird das Leitungsende einmal um die Lötöse gebogen. Hierdurch ist gewährleistet, dass selbst bei einer

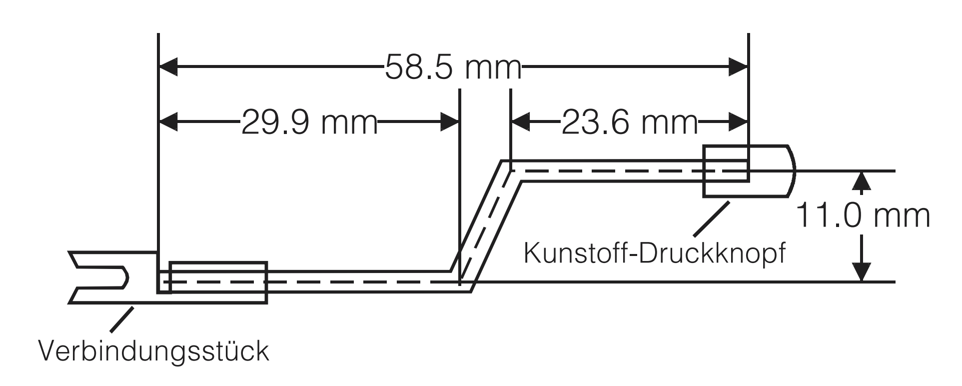


Bild 12: Netzschalter-Schubstange

fehlerhaften Lötung die Schutzleiterverbindung sich nicht lösen kann. Die anschließende Lötung muss sehr sorgfältig unter Zugabe von reichlich Lötzinn erfolgen. Jedes der nach oben durch die Basisplatine herausstehenden M4-Schraubengewinde erhält jetzt eine Polyamidscheibe 1,5 mm, eine Metall-Unterlegscheibe M4, eine Zahnscheibe M4 und abschließend eine M4-Mutter, die vorerst locker aufzuschrauben ist.

Alsdann wird zunächst der Schutzleiter des Netzkabels in die mittlere Öse der „5fach-Lötöse" geführt, umgewinkelt und dann unter Zugabe von reichlich Lötzinn verlötet.

Ein weiteres vorkonfektioniertes Schutzleiterkabel wird an dem Schutzleiteranschluss der Schraub-Klemmleiste KL 1 angeschlossen. Das Leitungsende ist zu der Schutzleiteranschlussschraube zu führen, entsprechend zu kürzen und in zuvor beschriebener Weise mit einer Lötöse zu verbinden.

Anschließend ist das Netzkabel auf die entsprechende Länge zurückzuziehen und die Netzkabeldurchführung fest zu verschrauben. Zum Anschluss des Schutzleiters an die Rückwand ist eine Zylinderkopfschraube M3 x 8 mm von außen durch die zugehörige Bohrung zu führen. Auf der Innenseite folgen eine Zahnscheibe, ein Flachstecker, eine weitere Zahnscheibe und dann die M3-Mutter, die fest zu verschrauben ist.

Auf dem Flachstecker wird ein vorkonfektioniertes Schutzleiterkabel aufgesteckt, das mit einer Schutzleiteröse des Seitenprofils verbunden wird.

Nun ist die Frontplatte (1 a) mit einer roten und einer schwarzen Polklemme zu bestücken, wobei ein an der Rückseite der Frontplatte zu montierendes, abgewinkeltes Halteblech für die erforderliche Stabilität sorgt. Die Buchsen sind mit den erforderlichen Muttern und Kontermuttern fest zu verschrauben.

Die Frontplatine und die Frontplatte sind daraufhin in die zugehörigen Führungsnuten der Modulschiene 3 a einzusetzen und bis an die Alu-Blende (8 a) heranzuschieben.

Unter Zugabe von viel Lötzinn wird die von ST 104 kommende rote Leitung an die rote Polklemme und die von ST 105 kommende schwarze Leitung an die schwarze Polklemme (-) angelötet. Dabei ist unbedingt auf gute Lötverbindungen zu achten.

Die Verbindung der Basisplatine mit der Frontplatine wird über ein 15 cm langes Flachbandkabel hergestellt, das an beiden Enden mit einem 20-poligen Pfostenstecker in Schneid-Klemmtechnik bestückt ist. Das Flachbandkabel verbindet die Stiftleiste ST 110 der Basisplatine mit ST 310 der Frontplatine, wobei jeweils Pin 1 und Pin 19 gekennzeichnet sind.

Nachdem der Gehäuseeinbau so weit fortgeschritten ist, werden das noch nicht festgeschraubte Gerätechassis exakt im Gehäuse positioniert und schließlich die sechs Chassisbefestigungsmuttern angezogen. Hierbei ist zu beachten, dass die Frontplatte (1a) bündig an der Alublende (8a) des Seitenprofils anliegt und die Rückplatte (1b) mittig auf der Modulschiene (3b) zu liegen kommt.

Endmontage

Im nun folgenden Arbeitsschritt wird die vordere, obere Modulschiene (3d) von oben auf die Frontplatte (1a) aufgesteckt, an das Seitenprofil (4a) mittels Gehäuseschraube (9) und aufgesteckter M4-Zahnscheibe angeschraubt, aber noch nicht festgezogen. Anschließend ist die hintere, obere Modulschiene (3c) in gleicher Weise auf die Rückplatte (1b) zu setzen und mit dem Seitenprofil (4a) zu verbinden, jedoch ebenfalls noch nicht fest zu verschrauben. Für die gute Stabilität des Gehäuses sorgt eine zusätzliche Modulschiene im mittleren Bereich (5a) , die ebenfalls nun zu montieren ist.

Danach wird das von der 9-poligen Sub-D-Buchse an der Geräterückseite kommende Flachbandkabel mit 3 Kabelbindern an die oberen 3 Modulschienen befestigt, sodass das Kabel keine heißen Bauelemente berühren kann. Der Pfostenstecker ist danach auf die zugehörige Steckleiste der Frontplatine aufzustecken.

Inbetriebnahme

Unter Verwendung eines Regel-/Trenntransformators mit ausreichender Leistung kann nun die erste Inbetriebnahme des Gerätes erfolgen, wobei äußerste Vorsicht geboten ist.

Durch das Fehlen der Drossel DR 102 erhalten die primärseitigen Leistungsstufen des SPS 9540 keine Versorgungsspannung. Hierdurch kann relativ risikolos zu-

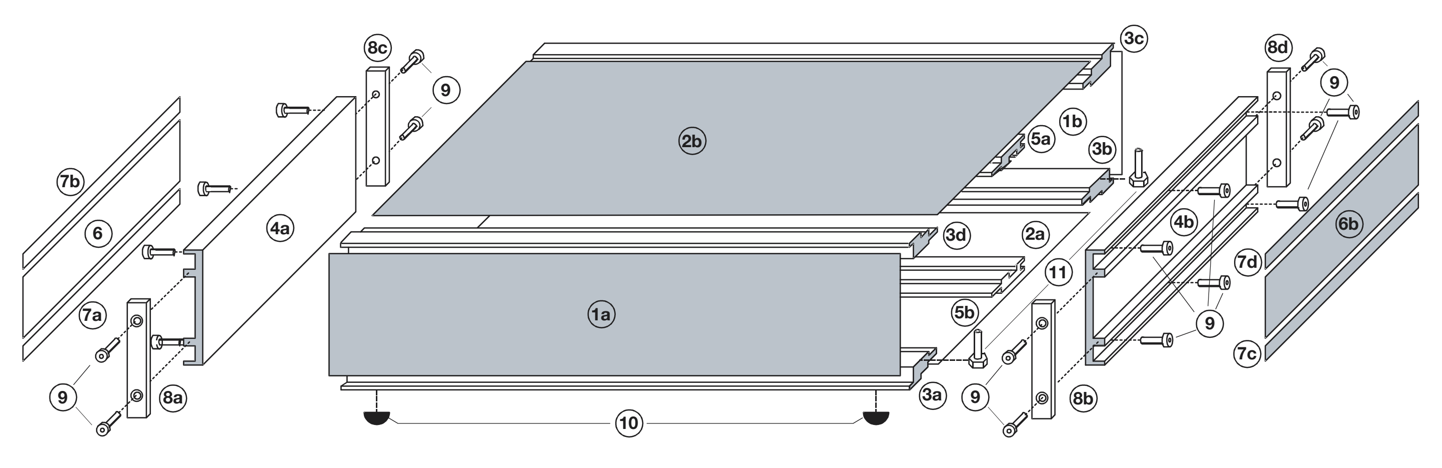


Bild 13: Gehäusezeichnung

nächst die Steuerschaltung des SPS 9540 überprüft werden, ohne dass die Gefahr einer Zerstörung der Leistungstransistoren besteht.

Zur Durchführung von Messungen wird das zuvor eingesetzte Bodenblech (2a) wieder entfernt.

Grundsätzlich ist auf jeden Fall ein entsprechender Trenntransformator für die Inbetriebnahme erforderlich. Soll das SPS 9540 später unter Voll-Last am Trenntrafo betrieben werden, sollte dieser mindestens über mehr als 1 kW Ausgangsleistung verfügen. Am Pin 3 und Pin 5 von IC 310 wird nun eine einstellbare, positive Gleichspannung von ca. 1,2 V angelegt. Nachdem der Netzschalter eingeschaltet ist, kann die Netzspannung eingeschaltet werden. Der Lüfter muss nun mit niedriger Drehzahl laufen.

Im ersten Schritt wird nun mit einem Oszilloskop das Ansteuersignal für die Leistungsstufe gemessen. Dieses wird am besten an den Anschlusspins 1 und 4 des Ansteuertrafos TR 101 abgegriffen. Es muss die maximale Pulsbreite erkennbar sein, denn die eingestellte Sollspannungsvorgabe von ca. 20 V (mittlerer Sollwert) kann aufgrund der fehlenden Endstufenversorgung natürlich nicht realisiert werden, sodass der Pulsbreitenmodulator versucht, auf Maximum zu regeln. Als nächstes wird ein externes regelbares Netzgerät an die Ausgangsbuchsen des SPS 9540 polrichtig angeschlossen.

Im ersten Schritt sollte die am Netzgerät eingestellte Spannung zwischen 5 V und 10 V liegen. Je nach eingestellter Spannung am Netzgerät fließen jetzt ca. 200 - 300 mA in das immer noch eingeschaltete Chassis des SPS 9540 hinein.

Verursacht wird dieser Strom durch die eingebaute Stromsenke um T 105. Wird nun die an den Ausgangsklemmen anliegende Spannung allmählich erhöht und der Sollwert von ca. 20 V (Sollwertvergabe an IC 310 A) überschritten, so erkennt die Reglereinheit auf Ist-Spannung > Soll-Spannung, und der Pulsbreitenmodulator generiert jetzt die minimale Pulsbreite. Am Oszilloskop ist dies durch den Umschlag des Signals auf nahezu Nullpegel erkennbar.

Wird die Spannung an Pin 3 von IC 310 A erhöht, so verschiebt sich der Umschlagpunkt, und bei Überschreiten der extern zugeführten Spannung muss das Oszilloskop wieder maximale Impulsbreite anzeigen.

Dieses Spiel kann durch stückweises, alternierendes Höherdrehen der Spannung beider Netzgeräte hinreichend überprüft werden, danach auch in der Gegenrichtung. Verlief diese erste Überprüfung so weit zufriedenstellend, kann von einer korrekten Funktion der Regel- und Steuereinheit ausgegangen werden.

An hardwaremäßigen Abgleicharbeiten ist lediglich die Frequenz des PFC-Reglers mit R 713 (PFC-Platine) auf 35 kHz einzustellen. Dazu wird die Frequenz an Pin 20 von IC 701 gemessen (Vorsicht keine Netztrennung!). Da die exakte Einstellung der Frequenz keinen wesentlichen Einfluss auf die einwandfreie Funktion des Gerätes hat, kann, wenn keine entsprechende Messmöglichkeiten vorhanden sind, einfach der Trimmer in Mittelstellung belassen werden.

Nun wird die Kabelverbindung zwischen ST 109, ST 108 und ST 106, ST 107 so hergestellt, wie auf dem Foto zu sehen ist. Dazu werden je eine schwarze und eine blaue 70 cm lange isolierte Leitung mit einem Querschnitt von 1,5 mm^2 auf beiden Enden mit 5 Windungen durch einen Ringkern (25 x 15 x 12 mm) geführt und direkt am Ringkern jeweils mit 2 Kabelbindern gesichert. Die Leitungen sind danach auf der gesamten Länge miteinander zu verdrillen. Die Leitungsenden werden auf ca. 8 mm Länge abisoliert, verdrillt, vorverzinnt und in die entsprechenden Platinenbohrungen eingelötet. Die schwarze Leitung muss dabei ST 106 mit ST 109 und die blaue Leitung ST 107 mit ST 108 verbinden. Auf der Platine werden die Leitungsenden dann auf beiden Seiten zusätzlich mit einem Kabelbinder gegen versehentliches Lösen gesichert.

Nun werden die beiden SMD-Widerstände R 336 und R 338 auf der Frontplatine bestückt.

Da alle weiteren Abgleicharbeiten beim SPS 9540 über die Software vorgenommen werden, erfolgt nun zuerst die weitere Endmontage.

Dazu wird zuerst wieder das Bodenblech (2a) eingesetzt und der Schutzleiter angeschlossen.

Ein weiteres 15 cm langes vorkonfektioniertes Schutzleiterkabel wird auf den Flachsteckeranschluss des Gehäusedeckels (2b) gesteckt. Dieser Gehäusedeckel ist nun, mit dem Schutzleiteranschluss voran, so weit in die vorgesehenen Nuten der Modulschienen (3c, d) einzuschieben, dass eine Öffnung bis zum Seitenteil von etwa 5 cm verbleibt. Als Nächstes wird das Ende des Schutzleiterkabels an die verbleibende Schutzleiterlötöse, wie beschrieben, angelötet und der Gehäusedeckel ganz an das Seitenprofil (4a) herangeschoben.

Anschließend wird das zweite Seitenprofil (4b) so aufgesetzt, dass Boden- (2a) und Deckelblech (2b) in die zugehörigen Nuten passen. Danach ist das Seitenprofil locker mit den Modulschienen zu verschrauben. Hierbei ist zu beachten, dass die Befestigungsschrauben (9) zuvor jeweils mit einer M4-Zahnscheibe zu versehen sind.

Nun werden alle Befestigungsschrauben auf beiden Seiten der Modulschienen festgezogen.

Abschließend sind die verbleibenden Alublenden (8b-d) und die Seitenbleche (6a, b, 7a-d) zu montieren. Hierzu wird zunächst die zweite Alublende (8b) rechts neben der Frontplatte mittels Befestigungsschrauben (9) angebracht. Von der Geräterückseite her sind die breiten und schmalen Seitenbleche (6a, b, 7a-d) in die entsprechenden Nuten der Seitenprofile einzuschieben. Die lackierte Seite zeigt hierbei jeweils nach außen. Die zwei verbleibenden Alublenden (8c, d) werden links bzw. rechts neben der Rückplatte (1b) an die Seitenprofile (4a, b) angeschraubt. Zuletzt bleibt dann nur noch die Montage des Drehknopfes für den Incrementalgeber und das Festziehen der Netzkabeldurchführung.

Softwareabgleich

Beim PS 9540 erfolgt der Ableich der Istwerte für Strom und Spannung softwaregesteuert, sodass hierfür im gesamten Gerät keine Abgleichtrimmer erforderlich sind. Bei der ersten Inbetriebnahme wird nach dem Einschalten des PS 9540 automatisch der Kalibriermodus gestartet.

Unten rechts im Display erscheint dann „CAL" und im oberen Bereich das Zeichen „V" für die Spannung. Dem Mikrocontroller muss nun die maximale Ausgangsspannung des Netzgerätes (in unserem Fall 40,00 V) über die Nummerntastatur mitgeteilt werden, wobei falsche Eingaben mit „CE" wieder gelöscht werden können. Durch Betätigen der „ENTER"-Taste wird der eingegebene Wert dann übernommen und zur Eingabe des Maximalstroms gesprungen, die in der gleichen Weise erfolgt.

Auch hierbei dient zur Übernahme die „ENTER"-Taste. Die maximal zulässige Leistung des Gerätes berechnet der Controller dann automatisch und zeigt diese ebenfalls im Display an.

Damit sind die Grundeinstellungen bereits abgeschlossen, und wir kommen im nächsten Schritt zur Kalibrierung des A/D- und D/A-Wandlers.

Ein möglichst genaues Multimeter ist dazu die Grundvoraussetzung, wobei immer der kleinste ausreichende Messbereichs-Endwert zu wählen ist.

Im ersten Schritt steht 1,00 V auf dem Display, und die Steuereinheit des PS 9540 gibt auch diesen Wert für die Ausgangsspannung vor. Die Ausgangsspannung wird über den Drehimpulsgeber verändert, wenn die Anzeige des Multimeters von der Sollwertvorgabe auf dem Display (1,00 V) abweicht.

Wenn beide Werte übereinstimmen, ist die „ENTER"-Taste zu betätigen, worauf die maximale Ausgangsspannung auf dem Display erscheint und als Sollwert von der

Steuereinheit vorgegeben wird (eventuell Multimeter umschalten).

Abweichungen zwischen der tatsächlichen Ausgangsspannung und der Vorgabe auf dem Display werden auch hier mit dem Drehimpulsgeber korrigiert und mit der „ENTER"-Taste übernommen.

Auf der Anzeige erscheint nun 0,00 A, und das Multimeter ist auf Gleichstrommessung umzustellen.

Nun wird der Drehimpulsgeber so abgeglichen, dass gerade der minimale Ausgangsstrom (max. 1 mA) erreicht wird. Bevor jetzt die „ENTER"-Taste zur Übernahme betätigt wird, ist das Multimeter auf den Messbereich für den maximalen Ausgangsstrom (30 A) umzustellen oder durch ein Zangen-Amperemeter zu ersetzen, wenn kein Multimeter mit ausreichendem Messbereich zur Verfügung steht.

Danach wird dann die „ENTER"-Taste betätigt und der Maximalwert des Stromes von der Steuereinheit vorgegeben. Für diese Messung muss der Ausgang mit einer hinreichend niederohmigen Last beschaltet sein, sodass auch der max. Strom fließen kann. Auch dieser Wert ist mit dem Drehimpulsgeber möglichst exakt einzustellen. Während des Kalibriervorgangs ist nun ein letztes Mal die „ENTER"-Taste zu betätigen. Daraufhin führt der Prozessor einen Displaytest durch (alle zur Verfügung stehenden Segmente leuchten auf) und schaltet in den normalen Betriebsmodus.

Der Kalibriermodus kann jederzeit wieder aufgerufen werden, wenn beim Einschalten des Gerätes die Tasten „REMOTE", „ENTER" und die Ziffer 2 gedrückt gehalten werden. Der Aufbau und die Inbetriebnahme sind damit abgeschlossen, sodass dem Einsatz dieses hochwertigen Netzgerätes nichts mehr im Wege steht. ELV

Stückliste: SPS 9540 - digitale Displayeinheit

Widerstände:

Bauteil	Bezeichnung
2,2Ω/SMD	R349
4,7Ω	R300
47Ω/SMD	R329, R330, R342
100Ω/SMD	R324
220Ω/SMD	R306, R309
680Ω/SMD	R312
1kΩ/SMD	R336, R338, R348, R350
2,2kΩ/SMD	R304, R305, R307, R308
2,7kΩ/SMD	R311, R332
10kΩ/SMD	R310, R313, R323, R325, R328, R334, R335, R339
22kΩ/SMD	R331
27kΩ/SMD	R337
100kΩ/SMD	R314, R340, R341
150kΩ/SMD	R347
180kΩ/SMD	R343-R346

Kondensatoren:

Bauteil	Bezeichnung
22pF/SMD	C304, C305
4,7nF/SMD	C325, C326
47nF/SMD	C329
100nF/SMD	C308-C312, C314-C324, C332
100nF/ker	C300, C301
270nF	C327
330nF	C306, C307
470nF/SMD	C328
470µF/16V	C331
1000µF/16V	C302, C303, C330

Halbleiter:

Bauteil	Bezeichnung
CNY17	IC301, IC302
ELV01244/SMD	IC304
CD4051/SMD	IC305
LTC1658/SMD	IC306
ELV01225	IC307
CD4052/SMD	IC308
E040-4011	IC309
TLC272/SMD	IC310-IC312
BC858	T301, T302
BC848	T303, T305, T307
BCW67C/SMD	T308
1N4001	D300, D301
LL4148	D304
LM385-2,5V	D305
LED, 3 mm, grün	D306
LC-Display für SPS9540/PS9530	

Sonstiges:

Bauteil	Bezeichnung
Quarz, 4,194304MHz	Q1
Stiftleiste, 2 x 5-polig	ST302
Stiftleiste, 2 x 10-polig	ST310
Incrementalgeber	S300
Mini-Drucktaster, B3F-4050	TA1-TA22

22 Tastknöpfe, grau, 10 x ø 7,4 mm
1 Drehknopf mit 6 mm Innendurchmesser, 29 mm, grau
1 Drehknopf 29 mm, grau
1 Gewindestift mit Spitze, M3x4mm
1 Leuchtfolie für LCD, 49 x 74 mm
1 Schaumstoffstück, 49 x 74 mm
1 IC-Sockel 8-polig
1 SUB-D-Flachbandkabel-Steckerverbinder, Buchsen, 9-polig
1 Pfosten-Verbinder, 10-polig
2 Pfosten-Verbinder, 20-polig
15 cm Flachbandleitung, 20-polig
46 cm Flachbandleitung, 10-polig
3 Kabelbinder, 90 mm

Stückliste: SPS 9540 Basisteil

Widerstände:

- 5cm Manganindraht (0,659Ω/m), 0,027Ω ... R139
- 0,01Ω/10W/1% ... PR101
- 0,27Ω/2W ... R121, R122
- 1Ω ... R118A, R118B, R709
- 1Ω/3W ... R114, R115
- 3,3Ω ... R209, R210
- 10Ω ... R226
- 22Ω ... R130
- 33Ω ... R105, R107, R109, R111, R138, R207
- 47Ω ... R135
- 100Ω R104, R120, R231, R233, R236
- 220Ω ... R204
- 330Ω/2W ... R113, R123
- 560Ω ... R225
- 680Ω ... R154, R702
- 1kΩ ... R125, R142, R216, R219, R514, R714
- 1,2kΩ ... R212
- 1,5kΩ ... R132, R201
- 2,2kΩ ... R218, R221, R228, R230, R237
- 2,7kΩ ... R116, R229, R703, R707
- 3,3kΩ R106, R108, R110, R112, R140
- 3,9kΩ ... R701
- 4,7kΩ ... R205, R227, R515
- 6,8kΩ ... R501, R503
- 7,5kΩ ... R119
- 10kΩ ... R142, R214, R220, R223, R224, R242, R243
- 12kΩ ... R708, R711
- 18kΩ ... R712
- 15kΩ ... R155, R235
- 22kΩ ... R208, R211, R240
- 33kΩ ... R705, R706
- 47kΩ ... R502
- 56kΩ ... R506
- 68kΩ/1W ... R102A, R102B
- 100kΩ ... R126, R127, R215, R238, R239, R505, R507-R509
- 150kΩ ... R202
- 220kΩ ... R241, R710
- 330kΩ ... R704
- 390kΩ ... R504
- 470kΩ ... R100A, R100B, R222
- 1MΩ ... R217
- 1MΩ/1% ... R133, R134, R136, R137
- PT10, stehend, 10kΩ ... R713
- VDR, S20K275 ... RV101
- NTC4,7Ω ... NTC1

Kondensatoren:

- 100pF/ker ... C146, C216-C218, C221-C223, C227
- 220pF/ker ... C139
- 680pF/ker ... C126
- 680pF/400V ... C141-C143, C148
- 680pF/2000V/FKP1 ... C110
- 1nF/400V ... C108, C206, C224, C701
- 2,2nF/Y2/250V~ C4, C5, C137, C160
- 3,3nF ... C708
- 3,9nF/ker ... C147, C149, C150, C152
- 4,7nF ... C201
- 4,7nF/1600V ... C111, C112
- 5,6nF ... C503
- 6,8nF/1600V ... C128
- 10nF ... C145
- 10nF/1000V ... C153
- 18nF ... C214
- 22nF ... C130, C205
- 56nF ... C212, C504
- 100nF ... C209, C707
- 100nF/ker C120, C121, C124, C134, C136, C138, C140, C155, C204, C207, C220, C501
- 100nF/275V~/X2 ... C151
- 220nF ... C703
- 330nF ... C704
- 470nF/ker .. C125, C705, C706, C709
- 470nF/400V ... C127, C154
- 680nF ... C702
- 1µF/275V~/X2 ... C1, C3
- 10µF/25V ... C119, C135, C211
- 10µF/400V ... C129
- 22µF/16V .. C202, C210, C219, C502
- 47µF/25V ... C710
- 100µF/16V ... C505, C507
- 220µF/16V ... C208
- 220µF/40V ... C115
- 220µF/450V ... C105-C107
- 470µF/25V ... C131-C133
- 470µF/63V ... C144
- 2200µF/16V ... C116
- 4700µF/63V ... C113, C114

Halbleiter:

- 7905 ... IC100
- 7805 ... IC101, IC203
- 7818 ... IC102
- TLC277 ... IC103
- SFH617G2 ... IC201
- SG3525A ... IC202
- LM358 ... IC204, IC205, IC502
- 7808 ... IC501
- L4981A ... IC701
- STH15NA50 ... T101-T104
- BUZ72 ... T105
- STW20NA50 ... T106
- BC337-40 ... T107, T201, T202
- BC548 ... T203
- BD678 ... T502
- KBU6G ... GL101
- B40C1500RD GL102, GL103, GL104
- HFA30PA60 ... D101, D102
- ZPD12V/0,4W ... D103, D202
- 1N4148 D104, D106-D109, D115, D501, D502, D701, D702
- 1N4007 ... D110
- UF4005 ... D111, D112
- STTA2006 ... D113
- STTA506D ... D114
- BZX85C18 ... D116
- 1N4002 ... D203

Sonstiges:

- Festinduktivität, 10µH ... L200-L202
- Stromkompensierte Ringkerndrossel, stehend, 2 x 3,9mH, 6A ... DR101
- Zweifach-Ringkerndrossel, 2 x 25µH/10A ... DR103
- Speicherdrossel 2 ... L103
- UKW-Breitbanddrosseln, 2,5 Windungen ... L104, L108
- Zylinder-Ferrit-Ringkern, 28 x 28,5mm ... L105, L109
- Speicherdrossel 1 ... L106
- Steuertrafo ... L107
- Treibertrafo ... TR101
- Haupttrafo ... TR102
- Trafo, 1 x 18V/175mA ... TR104
- Trafo, 2 x 9V/0,45A ... TR105
- Temperatursensor, SAA965 ... TS501, TS502
- Netzschraubklemme, 3-polig ... KL1
- Lötstifte mit Lötöse ST501, ST501A, ST502, ST502A
- Stiftleiste, 2 x 10-polig ... ST110
- Stiftleiste, 1 x 6-polig, abgewinkelt ... ST201
- Stiftleiste, 1 x 15-polig, abgewinkelt ... ST202
- Stiftleiste, 1 x 12-polig, abgewinkelt ... ST701
- Buchsenleiste, 1 x 6-polig ... STL101
- Buchsenleiste, 1 x 15-polig ... STL102
- Buchsenleiste, 1 x 12-polig ... STL103
- Sicherung, 6A, träge ... SI101
- Sicherung, 50mA, träge . SI102, SI103
- Schadow-Netzschalter ... S101
- 1 Adapterstück
- 1 Verlängerungsachse, 120mm
- 1 Druckknopf, Ì 7,2mm
- 3 Platinensicherungshalter (2 Hälften)
- 3 Sicherungsabdeckhaube
- 9 Zylinderkopfschrauben, M3 x 5mm
- 16 Zylinderkopfschrauben, M3 x 6mm
- 4 Zylinderkopfschrauben, M3 x 8mm
- 5 Zylinderkopfschrauben, M3 x 10mm
- 2 Zylinderkopfschrauben, M3 x 14mm
- 2 Zylinderkopfschrauben, M4 x 8mm
- 30 Muttern, M3
- 2 Muttern, M4
- 26 Fächerscheiben, M3
- 2 Fächerscheiben, M4
- 4 Unterlegscheibe, M3
- 3 Isolierbuchsen für TO-220
- 2 Glimmerscheiben, TO-220
- 4 Glimmerscheiben, TO-3P
- 2 Befestigungswinkel, vernickelt
- 1 Zugentlastungsbügel
- 1 Netzkabeldurchführung mit Knickschutztülle, grau
- 1 Netzkabel, 3-adrig, grau
- 2 Ferrit-Ringkerne, 25 x 12mm
- 1 Kabelschelle, 4mm
- 1 Polklemme, 4mm, 60A, rot
- 1 Polklemme, 4mm, 60A, schwarz
- 2 Papst-Axial-Lüfter, Typ 612
- 1 Lüfterhalteblech
- 2 Hochleitungs-Kühlkörper, bearbeitet
- 1 Kühlkörper-Abdeckplatine
- 1 Buchsenhalteblech
- 1 Abschirmblech, 30 x 50mm
- 1 Abschirmblech, 300 x 80mm
- 1 Kühlkörper-Isolierplatte, Typ1
- 1 Kühlkörper-Isolierplatte, Typ2
- 1 Gehäuseisolierplatte
- 6 Kabelbinder, 90mm
- 1 Tube Wärmeleitpaste
- 30 cm Kantenprofil, 5mm
- 1 cm Schrumpfschlauch, Ì 1mm
- 10 cm Schaltdraht, blank, versilbert
- 4 cm flexible Leitung, ST1 x 0,22mm^2, schwarz
- 70 cm flexible Leitung, ST1 x 1,5mm^2, schwarz
- 70 cm flexible Leitung, ST1 x 1,5mm^2, blau
- 80 cm flexible Leitung, ST1 x 2,5mm^2, rot
- 80 cm flexible Leitung, ST1 x 2,5mm^2, schwarz

Hinweisblatt zum 100-VA-Prozessor-Netzteil SPS 9540

Achtung!

1. Auf der Leiterplatte mit der Nr. 9941720A kann die Durchkontaktierung (elektrische Verbindung) der in der Abbildung unten markierten Bohrung (Pfeil) fehlen. Prüfen Sie daher bitte die Platine noch vor dem Beginn der Bestückungsarbeiten.

Die ggf. fehlende Verbindung kann einfach hergestellt werden.

· Unmittelbar um die markierte Bohrung herum ist der Lötstoplack der jeweiligen Leiterbahn auf einer kleinen Fläche (Ø 2 – 3 mm) sowohl auf der Bestückungsseite als auch auf der Lötseite mit einem geeigneten Werkzeug (z. B. mit einem kleinen Schlitzschraubendreher) zu entfernen. Lassen Sie hierbei die nötige Vorsicht walten, um die Platine nicht an anderer Stelle zu beschädigen.
· Die eigentliche Verbindung ist mittels eines kurzen Drahtabschnittes zu realisieren, der in die Bohrung gesteckt und auf beiden Seiten der Leiterplatte verlötet wird.



2. Die Bauteilbezeichnungen von C 108 und C 144 sind im Bestückungsdruck nicht lesbar. C 108 befindet sich rechts neben TR 101 und C 144 befindet sich direkt am Ausgang zwischen ST 104 und ST 105.

Bei einer kleinen Serie des Lüfter-Halteblechs sind die Befestigungsschlitze zur Montage an der Kühlkörperabdeckplatine 1 mm zu schmal ausgeführt. Sollte Ihrem Bausatz ein derartiges Halteblech beiliegen, so sind die entsprechenden Öffnungen leicht nachzuarbeiten.

Die Anschlusspins der Drossel DR 101 und DR 103 sind verzinnt. Befindet sich dabei zu viel Lötzinn an den Pins, so ist die Monatge in die entsprechenden Platinenbohrungen nicht möglich. In diesem Fall, ist zuerst mit Entlöt-Sauglitze das überschüssige Lötzinn zu entfernen.